



Matias Heinonen

OMAKOTITALON ERILAISTEN PERUSTUSTAPOJEN JA ALA- POHJARAKENTEIDEN VERTAILU

OMAKOTITALON ERILAISTEN PERUSTUSTAPOJEN JA ALA- POHJARAKENTEIDEN VERTAILU

Matias Heinonen
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka, talon- ja korjausrakentaminen

Tekijä: Matias Heinonen

Opinnäytetyön nimi: Omakotitalon erilaisten perustustapojen ja alapohjarakenteiden vertailu

Työn ohjaaja: Kimmo Illikainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013 Sivumäärä: 71 + 23 liitettä

Energiamääräysten kiristyminen heinäkuussa 2012 teki omakotitalon perustus- ja alapohjarakenteiden valitsemisesta yhä haastavampaa. Rakenteiden tulisi olla edullisia, turvallisia, nopeasti toteutettavia ja energiamääräykset täyttäviä rakenteita.

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää järkeviä, nopeita ja kustannustehokkaita perustus- ja alapohjarakenteita muuttovalmiiseen omakotitaloon. Jokaista rakennetta tarkasteltiin logistiikan, toteutuksen, ajankäytön, kustannusten ja muiden ominaisuuksien kautta. Tarkoituksena oli listata rakenteista hyvät ja huonot puolet sekä laskea toteutushintoja.

Materiaalin ja työn neliöhinnat laskettiin Rakennusosien kustannuksia 2012 - kirjaa apuna käyttäen. Rakenteiden toteutukseen ja kuljetukseen liittyviä asioita pohdittiin erityyppisiä rakennusalan lähteiden avulla sekä omien kokemusten perusteella. U-arvot laskettiin ympäristöministeriön asettamilla nykyisillä energiamääräyksillä C4 Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden mukaisesti.

Vertailun tuloksena saatiin yhteenvetotaulukoita, joissa oli listattuna kunkin rakenteen hinnat ja ominaisuudet. Rakenteista tehtiin kaksi yhteenvetoa, toisessa taulukossa rakenteen olivat järjestyksessä pelkästään hinnan perusteella ja toisessa taulukossa järjestykseen vaikuttivat myös muut asiat. Tuloksien perusteella tarkasteltavista rakenteista voidaan valita järkevimmät ratkaisut muuttovalmiiseen omakotitaloon.

Asiasanat:

Rakentaminen, pientalot, perustus, alapohja, kustannus, lämmöneristys

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 TARKASTELTAVAT RAKENTEET, OHJEET JA MENETELMÄT	7
2.1 Laskentamenetelmät	8
2.2 Energiamääräykset ja vaatimukset	8
2.3 Muuttovalmis talopaketti	9
2.4 Lattialämmitys	10
2.4.1 Betonilattiat	11
2.4.2 Puurakenteiset lattiat	14
2.5 Nosturien ominaisuuksia	17
2.6 Hongan hirsikuljetukset	20
3 PIENTALON PERUSTUKSET	21
3.1 Pohjatutkimukset	21
3.2 Perustamisstavat	22
3.3 Perustusrakenteiden valitseminen	24
3.3.1 Harkkorakenne	24
3.3.2 Elementtirakenne	28
3.4 Paaluperustus	34
4 MAANVARAISET TERÄSBETONILAATAT	38
4.1 Eristemateriaalit	38
4.2 Betonin saatavuus ja kuljetus	40
4.3 Raudoitus, valaminen ja jälkihoito	41
4.3.1 Betonin kuivuminen	41
4.3.2 NK- ja NP-betonit	49
5 ONTELOLAATTARAKENTEET	50
5.1 Kantavuus ja jänneväli	50
5.2 Kuljetus, nostaminen ja asennus	52
5.3 Tarkasteltavat ontelolaatta-alapohjarakenteet	53
5.4 Kuivuminen ja kuivumisaika-arviot	53
6 PUUPALKISTO- JA PUURISTIKKORAKENTEET	56

6.1 Perinteinen puupalkisto	56
6.2 Sepa-puubetoniliittolaatta	57
6.3 Posi-palkisto	59
7 YHTEENVETO	61
LÄHTEET	66
LIITTEET	71

1 JOHDANTO

Rakennusallalla yhä useammin kuluttaja haluaa ostaa muuttovalmiin rakennuksen, oli se sitten omakotitalo tai vapaa-ajan asunto. Kilpailu alalla kovenee jatkuvasti ja työn laatu on uhattuna. Lisäksi yksi rasittava tekijä on kiire. Pitäisi saada nopeasti hyvää ja halpaa. Tämä on usein aika monimutkainen yhtälö. Rakenteiden täytyy olla erittäin kilpailukykyisiä ja nopeita asentaa. Tästä syystä elementtirakentaminen on astunut yhä enemmän esiin myös omakotitalorakentamisessa.

Opinnäytetyö on tehty hirsitalo valmistajalle Honkarakenne Oyj:lle. Opinnäytetyön tavoitteena on löytää sopivat perustus- ja alapohjarakenteet muuttovalmiiseen omakotitaloon. Rakenteiden sopivuutta tarkastellaan lähinnä materiaali- ja työkustannusten kautta, mutta lisäksi vaikuttavat logistiset asiat sekä asentamisen nopeus ja yksinkertaisuus. Jokaisesta rakenteesta lasketaan materiaalin ja työn neliöhinta sekä pohditaan rakenteiden muita ominaisuuksia.

Opinnäytetyöhön valitut rakenteet ovat Honkarakenteelle entuudestaan tuttuja, joten niiden kosteustekninen toimivuus tunnetaan hyvin. Jokaisesta rakenteesta lasketaan Excel-laskentataulukolla U-arvo ja kustannukset materiaaleista sekä työstä. U-arvot lasketaan nykyisillä energiamääräyksillä C4 Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden mukaisesti. Kustannuksien laskennassa käytetään Rakennusosien kustannuksia 2012 -kirjaa, josta saadaan materiaalien hinnat keskiarvona. Työkustannuksiin tarvittavia tth (tehtyä työtuntia) -lukuarvoja otetaan edellä mainitusta kirjasta ja Aikataulu 2013 -kirjasta. Rakenteita tarkasteltaessa huomioidaan ympäristöministeriön asettaman asetuksen (D3 Rakennusten energiatehokkuus) mukaiset U-arvovaatimukset.

Tässä työssä keskitytään vain perustus- ja alapohjarakenteiden tarkasteluun. Rakenteita tarkastellaan vain rakenneleikkauksina, joten detaljikohtaisiin suunnitelmiin ja piirustuksiin ei edetä.

2 TARKASTELTAVAT RAKENTEET, OHJEET JA MENETELMÄT

Insinööriyön aloituspalaveri pidettiin Tuusulassa 25.10.2012, jossa pohdittiin työn sisältöä, tarkasteltavia rakenteita ja työn rajausta. Alustavan suunnitelman mukaan tarkasteltaisiin perustus-, ala-, väli- ja yläpohjarakenteita, mutta jo aloituspalaverissa todettiin, että työn sisällöstä tulee todella laaja. Sovittiin, että työn sisältöä rajataan tarpeen mukaan työn edetessä. Tarvittaessa työstä jätettäisi pois yläpohja tai välipohja tai molemmat näistä.

Tarkastelun kohteeksi valitut rakenteet ovat Honkarakenteelle entuudestaan tuttuja ja käytettyjä rakenteita. Rakenteet valittiin vain alustavasti ja kantavan rakenteen perusteella. Myöhemmin valittiin pintarakenteet, tasoitteet ja muut täydentävät rakenteet. Kaikkiin keskenään vertailtaviin rakenteisiin valittiin samat pintarakenteet ja alusrakenteet, jotta vertailu olisi täsmällinen.

Niin perustus- kuin alapohjarakenteiksi valittiin tarkoituksella erityyppisiä selkeästi toisistaan poikkeavia rakenteita. Alapohjatarkasteluun päätettiin ottaa maanvarainen teräsbetonilaatta, ontelolaatta ja puukannattimilla toteutettu alapohjarakenne. Perustuksiin valittiin perinteinen muurattava harkkosokkeliperustus, betonielementtiperustus ja paalutettu teräspalkisto -perustus. Päätettiin tutustua myös elementtimaailmaan, jotta saataisiin tarkempaa tietoa elementtien kuljetuksesta, nostamisesta, hinnoista ja asennuksesta.

Sovittiin, että tarkasteltavien rakenteiden tulisi täyttää nykyiset energiamääräykset. Maanvastaisella alapohjalla u-arvo vaade on $0,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ ja ulkoilmaan rajoittuvalla alapohjalla eli rossipohjalla $0,09 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ sekä ryömintätilaan (tuuletusaukkoja $\leq 8 \text{ ‰}$ ap:n pa:sta) rajoittuvalla alapohjalla $0,17 \text{ [W/m}^2\text{K]}$. Nämä u-arvot olivat tarkastelun lähtökohtana. Mielenkiinnon vuoksi sovittiin, että tarkasteltaisiin myös maanvaraista alapohjaa, jonka u-arvo olisi $0,09 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, mutta myöhemmin työn edetessä tästä tarkastelusta luovuttiin. Sovittiin myös, että ala- ja välipohjarakenteisiin täytyy saada lattialämmitys, koska se on usein erittäin haluttu lämmitystapa muuttovalmiissa rakennuksessa. Lattialämmitys voidaan sijoittaa järkevästi esimerkiksi pintabetonilaattaan, kolmikerroskipsilevyrakenteeseen tai kipsivalulattiaan. Lattialämmityksen toteutusta ja eri rakenneratkaisuja on käsitelty tarkemmin luvussa 2.4 Lattialämmitys.

Aloituspalaverissa käytiin läpi myös väli- ja yläpohjarakenteita. Välipohjarakenteiksi hahmoteltiin kahta erityyppistä rakennetta, puu- ja betonikannella olevia rakenteita. Näissä kantavana rakenteena olisi puupalkisto tai välipohjahirret. Yläpohjaan järkeviä toteutustapoja olisi esimerkiksi ristikko-, kehä- ja elementtirakenne. Myöhemmin päätettiin, että keskitytään vain perustus- ja alapohjarakenteisiin, ettei sisältö laajene kohtuuttoman suureksi. Näin tarkastelusta saadaan riittävän yksityiskohtainen.

2.1 Laskentamenetelmät

Jokaisesta rakenteesta piirrettiin AutoCad-ohjelmalla rakenneleikkauskuva ja laskettiin Excel-laskentataulukolla U-arvo Suomen rakentamismääräyskokoelman nykyisin voimassaolevien ohjeiden mukaisesti. U-arvolaskelmissa käytetyt materiaalien lämmönjohtavuus- eli lambda-arvot ovat materiaalivalmistajien ilmoittamia tai Ympäristöministeriön C4 lämmöneristysohjeiden taulukkoarvoja. Kustannukset laskettiin myös Excel-laskentataulukolla Rakennusosien kustannuksia 2012 -kirjaa apuna käyttäen. Laskelmissa käytetyt hinnat ja lukuarvot ovat valtakunnallisia keskiarvoja. Työkustannuksiin tarvittavia tth (tehtyä työtuntia) -arvoja otettiin lisäksi Aikataulu 2013 -kirjasta.

2.2 Energiamääräykset ja vaatimukset

Tässä työssä tarkasteltavia rakenteita verrataan ulkoilmaan ja ryömintätilaan rajoittuvaan alapohjaan sekä maata vasten olevaan rakennusosaan. On muistettava, että nämä arvot ovat vain vertailulukuarvoja, joita käytetään koko rakennuksen lämpöhäviötä laskettaessa. Esimerkiksi rakennuksen maanvaraisen alapohjan lämmönläpäisykerroin voi olla huonompikin kuin $0,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, kunhan muut rakennusosat ovat parempia ja kompensoivat tilanteen energialaskennassa. Hirsirakenteinen ympärivuotiseen käyttöön tarkoitettu rakennus lisäksi lämmöneristetään ulko- tai sisäpuolelta ja näkyväksi pinnaksi asennetaan yleensä hirsipaneeli. (Rakennusten energiatehokkuus. 2011, 12.)

Rakenteiden valinnoissa huomioitiin nykyiset energiamääräykset ja vaatimukset, joita käytetään vertailulämpöhäviöiden laskennassa. Ympäristöministeriön asettaman asetuksen mukaiset nykyiset lämmönläpäisykertoimet on kirjattu taulukkoon 1.

TAULUKKO 1. Lämpimän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimia (Rakennusten energiatehokkuus. 2011, 13)

seinä	0,17 W/(m ² K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/(m ² K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m ² K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/(m ² K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/(m ² K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntihuukku	1,0 W/(m ² K)

2.3 Muuttovalmis talopaketti

Muuttovalmis talo sisältää talotekniikan ja kodinkoneet valmiiksi asennettuina. Talotekniikalla tarkoitetaan valaistusta, lämmitystä, sähköjä ja ilmanvaihtoa. Perustustöistä tontin raivaukset, pohjatutkimukset, maansiirtotyöt, sisä- ja ulkopuoliset perustystyöt, salaojitukset, routasuojaukset, perusmuurilevyt, suodatin- kankaat ja tiivistystyöt eivät kuulu muuttovalmiiseen talopakettiin. Muuttovalmiin talon perustuksia lähdetään rakentamaan valmiin sorapatjan päältä ja täyttö sekä perustustyöt tulee sovittaa muun rakentamisen kanssa yhteen. (Talopaketin toimitussisältö.)

Muuttovalmiiden talojen rakentamisessa käytetään lähes aina jotakin elementti- ratkaisua. Hirsirakennuksen elementointi on kuitenkin erityisen vaativaa tai jopa mahdotonta, sillä vaikka seinät saataisiin tehtyä elementeiksi, niiden paino olisi todella suuri. Lisäksi hirsiseinäelementtien nurkkaliitokset tulisi suunnitella aivan erityyppisiksi, kuin mitä nykyiset hirsien ristinurkat ovat. Painavien elementtien kuljetus huonosti kantaville mökkiteille on haastavaa ja lisäksi hir-

sianostureiden nostotoleranssit eivät riittäisi. Hirsirakentamisessa järkevää elementointia voisi olla ala-, väli- ja yläpohjien sekä väliseinien elementointi.

Elementtien asennus on vaativaa ammattilaisten työtä. Jokainen nosto on suunniteltava ja elementtien asennuksesta on tehtävä elementtiasennussuunnitelma, jonka mukaan asennus etenee. Elementit tehdään tehtaalla hyvissä olosuhteissa, mikä mahdollistaa nopean ja edullisen tuotannon. Elementit pyritään tekemään niin valmiiksi kuin mahdollista vain on. Työmaan tehtäväksi jää elementtien asennus, kiinnittäminen ja pienet pintojen viimeistelyt, kuten alla olevan kuvan 1 elementin alareunasta puuttuvan paneelin asennus.



KUVA 1. Pientalon seinäelementin asennusnosto (Kuvia talon pystytyksestä. 2005)

2.4 Lattialämmitys

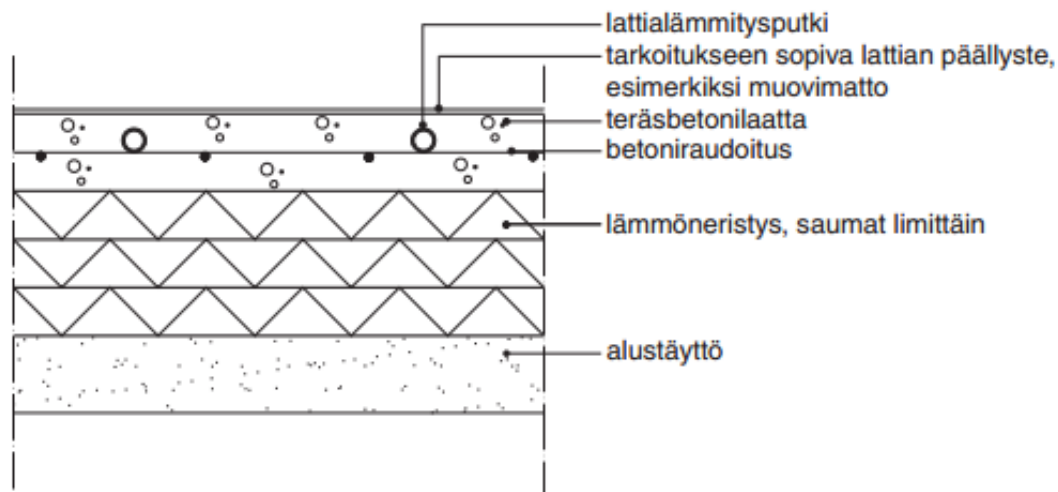
Lattialämmitys sopii monenlaisiin lattiarakenteisiin edellyttäen lattian hyvää tai kohtalaista lämmöneristävyyttä. Lämmöntuottamismuoto voi olla esimerkiksi öljy, kaukolämpö, sähkö tai lämpöpumppu. Usein lattialämmitys toimii jonkin muun lämmitysjärjestelmän kanssa yhdessä, mutta voi myös toimia yksinään rakennuksen lämmönlähteenä. Lattianpäällysteiksi käyvät lähes kaikki päälly-

tysmateriaalit, mutta materiaalin sopivuus kannattaa varmistaa materiaalin valmistajalta. (RT 52-10801. 2003, 2.)

2.4.1 Betonilattiat

Lattialämmitys suunnitellaan yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa, joka määrittää esimerkiksi lattian betonipinnan suojabetonin vähimmäismäärän. Lattialämmitysvalmistajilla on myös omia ohjearvoja betonipeitteen määräksi. Betonipeitteen paksuuteen vaikuttavat monet asiat, kuten lämmitysputken paksuus. Lattialämmitysvalmistajilla on eri paksuisia lämmitysputkia käyttötarkoituksen mukaan. Esimerkiksi WehoFloor-lattialämmitysjärjestelmässä käytetään 17 mm:n ja 20 mm:n paksuisia lämmitysputkia. (RT 52-10801. 2003, 2–4; Betonirakenteinen lattia.)

Betonilattiassa lämmitysputken sijainti on teräsverkon yläpuolella (kuva 2). Kun betonivaluun asennetaan verkkoraidoitus, lattialämmitysputkisto ja muita mahdollisia putki- tai sähkövetoja, betonin paksuus kasvaa helposti yli 60 mm:iin. 60 mm paksu laatta raudoituksella ja lämmitysputkillä on todella haastava ja mittatarkka toteuttaa. (RT 52-10801. 2003, 2–4; Betonirakenteinen lattia.)



KUVA 2. Lattialämmityksellä varustettu maanvarainen alapohja (RT 52-10801. 2003, 5)

Lattialämmityksen kannalta ei ole merkitystä, onko betonilaatan paksuus 80 vai 100 mm. Paksumpi laatta varastoi pidempään lämpöä, mutta myös lämpiää hitaammin, joten on makuasia, minkä paksuuden laatalle haluaa. Taulukon 2 mukaan lattialämmitysputkiston suositeltu asennussyvyys on 40 mm. Minimissään putkisto voidaan asentaa taulukon mukaan 30 mm:iin, mutta todellinen asennussyvyys määräytyy lattiarakenteen ja asennustiheyden perusteella. Esimerkiksi Aurelia-lattialämmitysputkiston päälle vaaditaan minimissään 25 mm:n suojabetoni. Taulukosta 2 nähdään, että suositeltava asennussyvyys lämmitysputkelle on 40 mm. (Rahikainen 2013; RT 52-10801. 2003, 4.)

TAULUKKO 2. Lattialämmityksen veden lämpötiloja ja asennusmittoja (RT 52-10801. 2003, 4)

	Suositus- arvo	Vähimmäis- arvo	Enimmäis- arvo
Menoveden lämpötila °C	35...45 ¹⁾	25...30 ¹⁾	45 ¹⁾
Meno/paluuveden lämpötilaero °C	5...10 ¹⁾		
Lattian pintalämpötila °C	25...27 ²⁾	23 ²⁾	30 ²⁾
Putkien asennusväli, mm	100...300	100	450
Asennussyvyys, mm	40 ³⁾	30 ³⁾	70 ³⁾

Maanvarainen alapohja

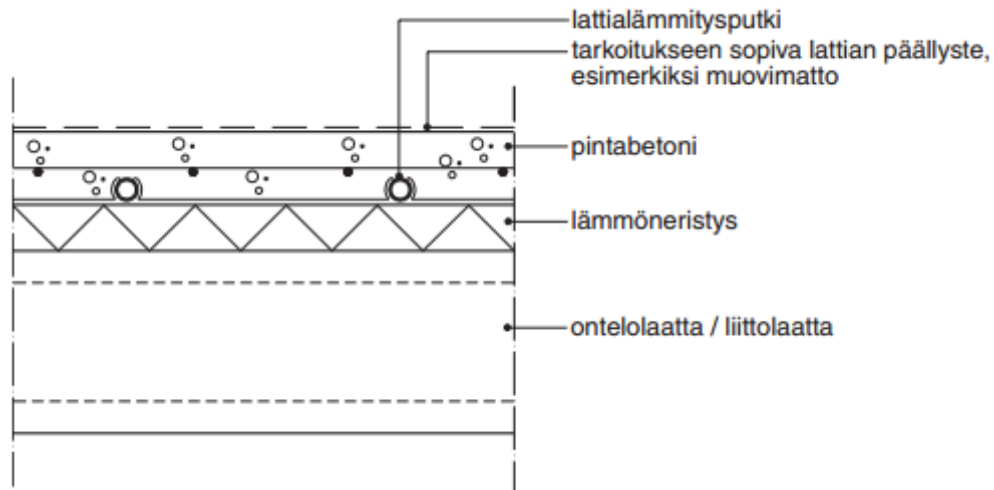
Maanvaraisessa alapohjassa lattialämmitysputkisto kiinnitetään raudoitusverkkoon muovisilla kiinnityspannoilla tai putkikiinnikkeillä (kuva 3). Raudoitusverkko tasaa lämmön nopeasti ja tasaisesti ympäröivään betoniin. Kiinnitys tulee tehdä huolella ja oikeilla kiinnikkeillä, koska putket eivät saa päästä liikkumaan valun aikana. Yleensä maanvaraisen betonilaatan paksuus on 70–100 mm, jolloin lämmitysputkisto sopii hyvin laattaan. Betonivalutöitä tehtäessä on oltava varovainen, ettei riko lämmitysputkia tai niiden kiinnikkeitä. (Betonirakenteinen lattia.)



KUVA 3. Lattialämmityspotkisto asennettuna (Puubetoniliittolaatta, 2)

Ontelolaatat

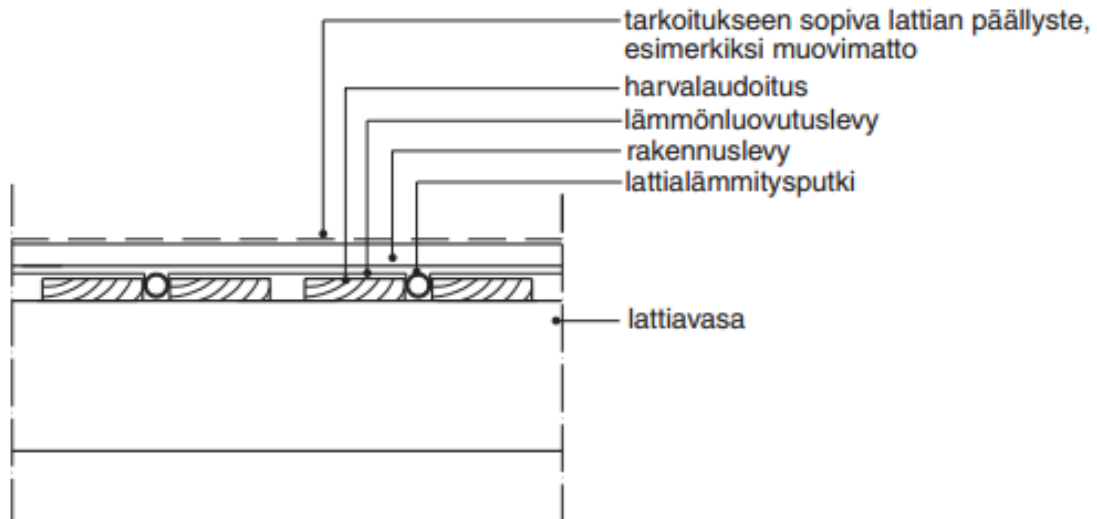
Ontelolaatat vaativat aina saumaraudoituksen ja saumavalun, joka ottaa kuivumiseen oman aikansa. Saumavalun jälkeen laatoista tulee erittäin hyvä ja tasainen alusta hirsien kasaamisessa tarvittaville telineille ja työtasoille. Telineet saadaan nopeasti suoraan, ja niitä on helppo siirtää. Lisäksi ontelolaattarakenteeseen tulee pintavalu, johon lattialämmitys saadaan asennettua. Pintavalun paksuus on jälleen rakentajan makuasia. Jos ontelolaattarakenteessa lämmöneristys asennetaan laatan alapuolelle, lattialämmitys lämmittää pintalaattaa ja massiivista ontelolaattaa, mikä ei ole missään nimessä energiankulutuksen kannalta järkevää. Rakenneleikkauksessa (kuva 4) onkin esitettyä lämmityspotkisto pintabetonin ja lämmöneristeen väliin.



KUVA 4. Lattialämmityksellä varustettu ontelolaattarakenne (RT 52-10801. 2003, 5)

2.4.2 Puurakenteiset lattiat

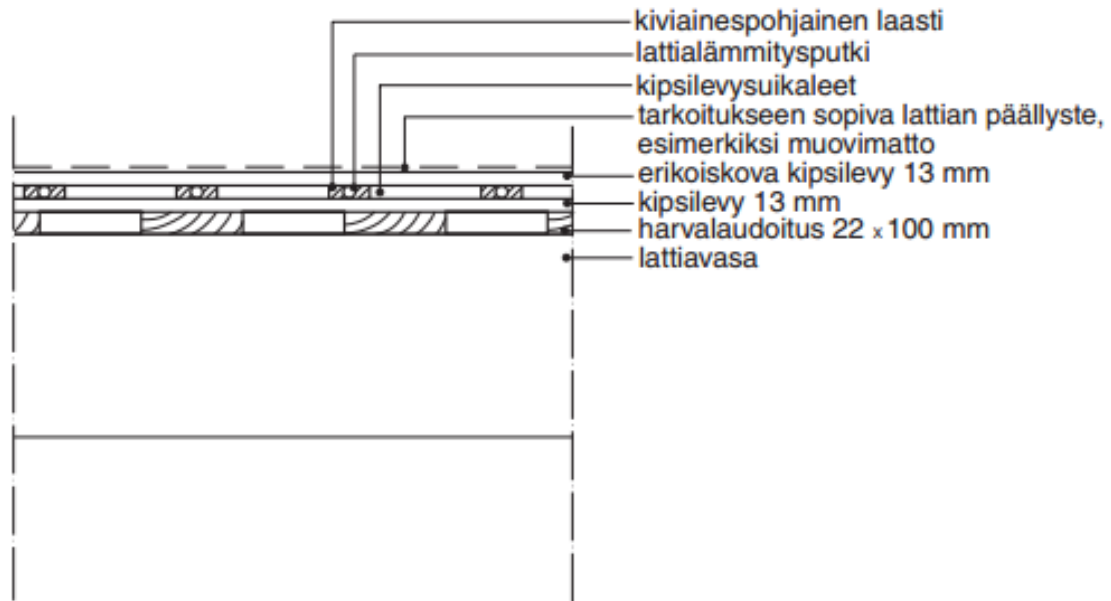
Puurakenteisessa lattiassa lattialämmitysjärjestelmä vaatii jonkin erityisen materiaalin lämmönsiirtoa ja -varastointia varten. Se voi olla esimerkiksi lämmönluovutus- tai kipsilevy. Lämmitysputkien vieressä on siis oltava jotain hyvin lämpöä varastoivaa materiaalia, koska ei ole järkevää lämmittää pelkkää ilmaa. WehoFloor-lattialämmitysjärjestelmässä puurakenteisessa lattiassa käytetään 20 mm:n paksuista lämmitysputkea. Putket asennetaan kuvan 5 mukaisesti harvalaudoituksen väleihin. Putkien päälle asennetaan metallinen lämmönluovutuslevy, joka jakaa lämmön tasaisesti lattiaan. (RT 52-10801. 2003, 6; Puurakenteinen lattia.)



KUVA 5. Lattialämmityksellä varustettu puurakenteinen rakenne (RT 52-10801. 2003, 6)

Kipsilevylattia

Lattialämmitys voidaan myös asentaa kipsilevylattiaan (kuva 6), jolloin rakenteesta tehdään kolmikerroksinen kuvan mukaisesti. Harvalaudoituksen päälle asennetaan ensimmäinen kipsilevy, johon 12 mm paksut lämmitysputket kiinnitetään esimerkiksi tc-kiinnikkeillä. Tiiviin rakenteen saamiseksi käytetään pieniä kipsilevysuikaleita ja kiviainespohjaista laastia. Päälimmäiseksi putkien päälle asennetaan erikoiskova kipsilevy. Kipsilevyratkaisu on järkevä silloin, kun aika-taulu on kiireinen ja betonilaattojen kuivumista ei ole mahdollista odottaa. (Puurakenteinen lattia.)



KUVA 6. Lattialämmityksellä varustettu kipsilevyrakenteinen rakenne (RT 52-10801. 2003, 6)

Muuttovalmista rakentamista ajatellen voisi olla järkevää käyttää paksujen betonivalujen sijaan kipsirakennetta tai nopeasti kuivuvia pumpputasoite- tai kipsivaluratkaisuja (kuva 7). Kun pintalaatta on ohut, se reagoi nopeasti lämpötilan muutokseen ja lämmityksen säätely on helpompaa. Kipsivalu- tai pumpputasoite-lattioissa lämmitysputkien kiinnitys on samanlainen kuin betonilattioissa. Putkien kiinnitystä varten tarvitaan esimerkiksi lastulevy. (Tasoitelattia.)



KUVA 7. Lattialämmitys rakennuslevyyn kiinnitettynä (Tasoitelattia)

2.5 Nosturien ominaisuuksia

Hirsirakennuksen asennuksessa tarvitaan nosturia painavien hirsien, liimapuupalkkien, ikkunoiden, mahdollisten elementtien ja kantavien kattorakenteiden nostamiseen. Usein työmaalle johtava kulkutie on huonossa kunnossa, painorajotteinen ja muuten haastavien mutkien takana, ja siksi hirsiasentajien käyttämät nosturiautot ovat suhteellisen kevyitä ja ketteriä liikkumaan.

Hirsinosturi

Honkarakenteen kokenut hirsitaloasentaja Jouko Jalonen käyttää melko pientä hirsinostinta asennustyössään. Nosturiauton paino on 18 300 kg, pituus 7 m, ja korkeus 3,7 m. Nostot ja ulottuvuudet ovat seuraavasti:

- 250 kg / 20,7 m
- 470 kg / 16 m
- 1 100 kg / 13 m (ilman jibiä)
- 3 600 kg / 4,5 m
- 1 000 kg / 20 m (korkeus) / 6 m (etäisyys).

Esimerkiksi pienenkin ontelolaatan paino ylittää helposti 1 000 kg, joten hirsinostureilla ei voida ontelolaattoja asentaa. 1 000 kg:n taakka nousee 20 m:n korkeuteen ja 6 m sivusuuntaan. Nämä tiedot ovat suoraan autonvalmistajan ominaisuuskortista. (Jalonen 2013.)

Raskas ajoneuvonosturi

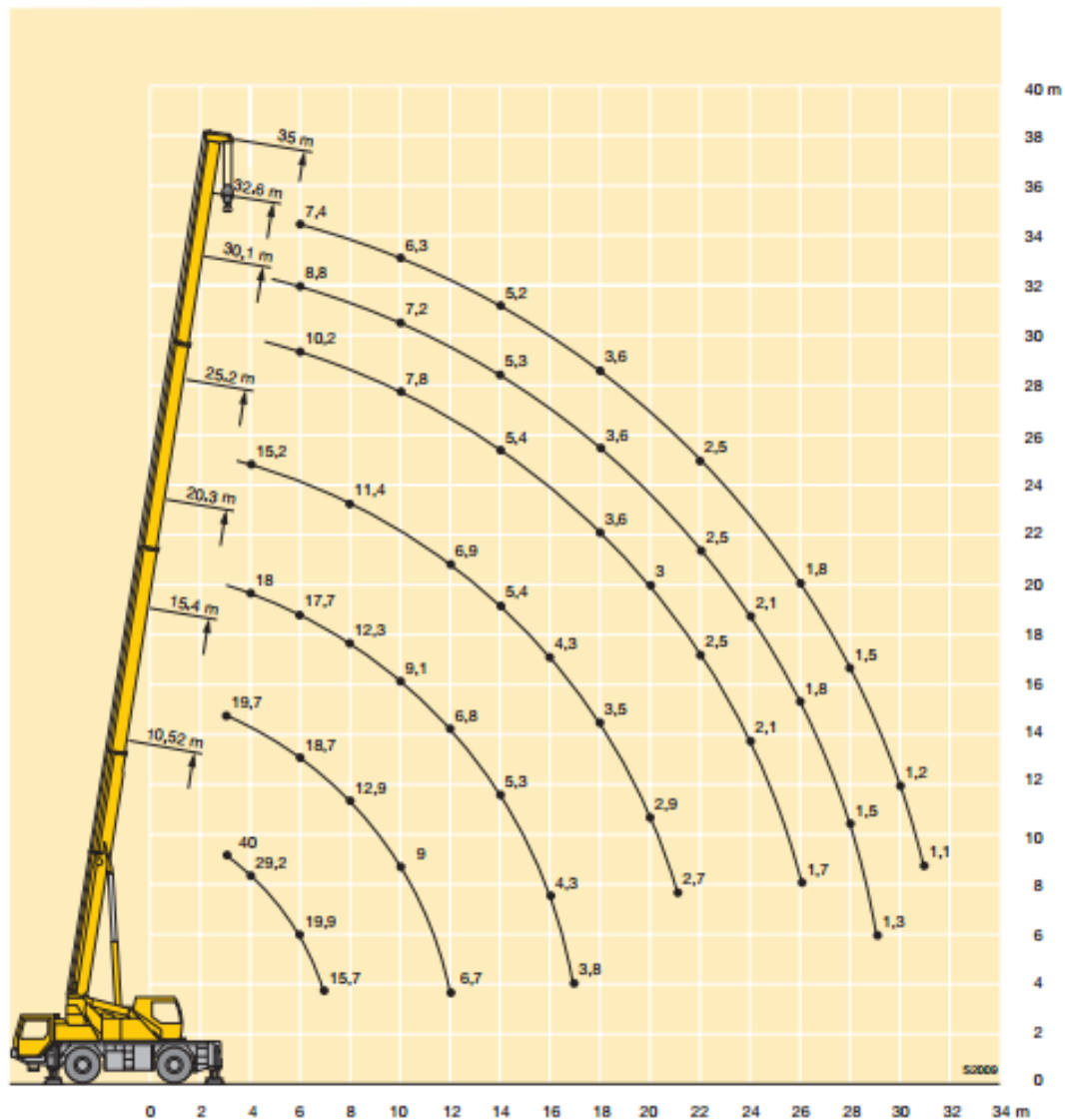
Ontelolaattojen ja painavimpien elementtien nostamiseen pienten hirsinosturien nostukapasiteetit eivät riitä, joten silloin tarvitaan järeämpiä ajoneuvonostimia. Esimerkiksi 4 m pitkä ja 1,2 m leveä ontelolaatta painaa noin 1 200 kg ja 8 m pitkä laatta 2 400 kg. Taulukossa 3 on esitetty pienimmän Pekka Niskalta saatavan ajoneuvonosturin ominaisuuksia ja nostokapasiteetteja, jotka riittävät hyvin ontelolaattojen nostamiseen. (Lujabetoni Oy 2007. Luja-ontelo- ja kuorilaatat suunnitteluohje, 6–7.)

TAULUKKO 3. Liebherr ajoneuvonosturin tietoja (Ajoneuvonosturit)

malli	nostokyky	puomin pituus	tuenta-alue	ajopituus	ajoleveys
Liebherr LTM 1040- 40t 2.1	40 tonnia	35,00 m	6,00 m * 6,28 m	10,52 m	2,5 m

Nostureiden ominaisuuksissa ilmoitetaan ajoneuvon nostokyky, esimerkkinä tällä nostimella se on 40 tonnia. Tämä paino kyetään käytännössä nostamaan aivan ajoneuvon vieressä vain alle 5 metrin etäisyydellä. Liebherr-ajoneuvonosturin nostokapasiteetit ja etäisyydet näkyvät kuvassa 8. Kuvasta

nähdään, että aiemmin esimerkkinä ollut 4 m pitkä, 1 200 kg painava ontelolaatta voidaan nostaa vaakasuunnassa noin 30 m:n päähän. Todellinen vaakaeäisyys voi olla pienempi, jos työmaalla on korkeampia esteitä nostolinjalla. 8 m pitkä ja 2 400 kg painava laatta nousee noin 22 m:iin tämän tyyppisellä nosturilla. Liebherr LTM 1040 2.1 -nosturiauto painaa noin 24 tonnia. (Liebherr LTM 1040-2.1 -esite, 8.)



KUVA 8. Liebherr LTM 1040- 40t 2.1 -nosturin nostokapasiteetit (Liebherr LTM 1040-2.1 -esite, 8)

2.6 Hongan hirsikuljetukset

Honkarakenteen hirsitoimitukset ovat massiivisia kuljetuksia. Mökkitiet ovat vaativien teiden päässä ja toimituksen meno perille on usein epävarmaa. Lähtökohdaisesti voidaan todeta, että minne Hongan hirsitoimitus voidaan kuljettaa, niin sinne voidaan kuljettaa myös valtaosa isokokoisista ja massiivisista rakennuselementeistä.

Honkarakenne valmistaa hirret tehtaallaan Karstulassa. Hirret pakataan sopiviin nippuihin ja peitetään suojamuoviin kuljetusta varten. Hirsinipun leveys on 110 cm, pituus 4–12 m ja korkeus 40–80 cm. Keskimäärin hirsinippu painaa noin 1 500 kg. Saaritoimituksiin menevät hirret pakataan usein pienempiin nippuihin, jotka ovat puolet pienempiä. Kotimaassa hirret kuljetetaan täysperävaunuautolla, jotka on varustettu nosturilla kuorman purkamista varten. Täysperävaunun vetoauton lastaustila on noin 7,5 m ja perävaunun noin 13,5 m. Tyhjänä auto painaa 24 tonnia. Lain mukaan täyden auton maksimipaino saa olla 60 tonnia. Honkarakenteen kuljetuksissa täyden auton painoksi tulee noin 50 tonnia. Hirsinippuja sopii autoon koosta riippuen 20–24 kappaletta. (Pienimäki 2013.)

Omakotitalo- ja mökkitontit ovat usein huonon tien päässä, joten siksi vain harvoin perille päästään täysperävaunulla. Silloin kuorma saadaan vietyä pidemmälle pelkällä auton nupilla. Tontille pääsyn ratkaisee paikan päällä auton kuljettaja. Turhien riskien otto kannattaa jättää pois, koska esimerkiksi auton kaatuminen tai kiinnijääminen tuottaa suuret toimenpiteet palautuakseen ja lisäksi kuljetuskalusto saattaa vaurioitua. (Pienimäki 2013.)

3 PIENTALON PERUSTUKSET

Rakennuksen perustustyöt alkavat jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Töiden etenemisjärjestys on luettelon mukainen. Rakennuksen aloitusvaiheessa tehtävät työt ovat:

- pohjatutkimuksen tekeminen
- maapohjan luokitus ja määrittäminen
- rakennuksen korkeusaseman ja perustamissyvyyden valitseminen
- tontin kuivatuksen suunnitteleminen
- radonkaasulta suojautuminen
- perustamistavan valitseminen. (Palolahti – Mäki 2010, 49–57.)

Perustustyöt on tehtävä huolella, sillä virheiden korjaamiset valmiin rakennuksen alle ovat usein vaikeita ja kalliita. Virheiden ja ongelmien havaitseminen on jo hankalaa rakenteen piiloon jäämisen vuoksi. Perustustapoja on monia, koska erityyppiset maaperät vaativat erilaisen perustamistavan. Erilaisten perustustapojen toteutuskustannukset voivat vaihdella todella paljon. On huomattavasti kalliimpaa perustaa ei-kantavalle kuin kantavalle maaperälle. Pohjatutkimukset tehdään aina, kun maaperässä on hienorakeista maata, kuten savea tai silttiä, rakennus tulee rinteeseen tai muuten haastavalle alueelle. (Palolahti – Mäki 2010, 49–57.)

3.1 Pohjatutkimukset

Pohjatutkimuksia tehdään, jotta maaperästä saadaan selville maaperän rakenne, kantavuus, pohjaveden taso, tontin korkeussuhteet ja radonin esiintyvyys. Taulukossa 4 on kerrottu erityyppisten maalajien rakennetta ja ruotivuutta. Ruotimattomia maalajeja ovat ainoastaan sora ja hiekka. Tästä syystä maanvaihdot tehdään juuri näillä maa-aineksilla. Ruotiva maa-aines poistetaan perustusten lähettäviltä ja korvataan ruotimattomalla maalla. Perustusten lähellä voi olla myös routivaa maata, jolloin ruotasuojauksella estetään maan ruotuminen. Pohjatutkimusten tavoitteena on löytää paras mahdollinen paikka rakentamiselle ja

löytää alueelle sopiva perustamistapa. (RT 81-10486. 1992, 2; Wikipedia. 2012, hakusana pohjatutkimus; Palolahti – Mäki 2010, 49–52.)

TAULUKKO 4. Maalajien routivuudet ja rakennekuvaukset (Palolahti – Mäki 2010, 50)

Maalajiryhmä	Maalaji	Kuvaus	Routivuus	Suunnittelumoduuli E_s MN/m ²
Kallio				
Moreenimaalajit	Moreeni	Hyvin tiivistä, usein toisiinsa sekoittuneita maalajitteita	Routiva	> 20
Karkearakeiset maalajit	Sora	Tiiviit sorakerrostumat	Routimaton	> 20
	Hiekka	Tiiviit ja keskitiiviit hiekkakerrostumat	Routimaton	> 5
	Hiekka, siltti	Silttistä hiekkaa sisältävät kerrostumat	Routiva	> 3
Hienorakeiset maalajit	Siltti	Kovat ja sitkeät silttikerrostumat	Routiva	> 3
	Siltti, savi	Paksun kuorikerroksen omaavat hienorakeiset maapohjat	Routiva	1,5...5
	Savi, siltti	pohjaveden alapuolella olevat ylikonsolidoituneet savi- ja silttimaapohjat	Routiva	1,5...5
	Savi, siltti	Sitkeät ja pehmeät savikerrostumat ja pehmeät silttikerrostumat	Routiva	1...3
	Savi, siltti	Hyvin pehmeät savi- ja silttikerrostumat	Routiva	< 1

Erilaisia pohjatutkimusmenetelmiä ovat koekuoppa, painokairaus, heijarikairaus, puristinkairaus, tärykairaus, puristin-heijarikairaus, SPT-kairaus, siipikairaus ja maatutkaluotaus. Eri menetelmät soveltuvat erityyppisille maaperille. Usein pohjatutkimusten kanssa samaan aikaan tehdään tontin vaaitus, jotta voidaan suunnitella alustavasti kuivatus ja kaivuutöitä. Rakennuksen korkeusaseman valitseminen oikein on tärkeää, koska ylimääräiset kaivuutyöt ja siitä johtuvat myöhemmät täyttötöyt ovat kalliita työvaiheita. Rakennuksen korkeusasemaan vaikuttaa pääasiassa ympäröivien liikennealueiden korot, rakennuspaikan korkeuserot ja piha-alueen kuivattaminen. (RT 81-10486. 1992, 2; Wikipedia. 2012, hakusana pohjatutkimus; Palolahti – Mäki 2010, 49–52.)

3.2 Perustamisstavat

Pohjatutkimuksen perusteella valitaan perustamistapa. Tunnetuimpia ja käytetyimpiä perustamistapoja on kahdeksan, ja ne voidaan luokitella kahteen tyyppiin: kantavalle maaperälle ja ei-kantavalle maaperälle perustaminen. Kantavalle maaperälle rakennettaessa perustamistavan ja alapohjarakenteiden valinta on vapaampaa kuin ei-kantavalle maaperälle rakennettaessa. Myös rakennus-

teknisesti kantavalle maaperälle rakentaminen on yksinkertaisempaa ja halvempaa. Taulukkoon 5 on koottu eri perustamistapojen soveltuvuus eri maaperille. (RT 81-10486. 1992, 4; Palolahti – Mäki 2010, 49–52.)

TAULUKKO 5. Perustamistapoja eri maaperäolosuhteissa (RT 81-10486. 1992, 4)

Perustamistapa	Maaperä	Kallio	Tiivis tai keskittivis hiekka, sora tai moreeni	Tiivis silttikerros	Ohut (3 m) pehmeä siltti- tai savikerros ja kuivakuorikerros	Paksu, pehmeä siltti- tai savikerros	Paksu, hyvin pehmeä siltti- tai savikerros
1 Perusmuuri ja maanvarainen alapohja		•	•	•	• ¹⁾		
2 Perusmuuri ja maanvarainen alapohja, kellari		•	•	•	•	•	
3 Perusmuuri ja kantava alapohja, ryömintätila		•	•	•	(• ¹⁾)		
4 Laattaperustus		(•)	•	•	•		• ³⁾
5 Laattaperustus, kevennysperustus				(•)	•	•	
6 Pilari-palkkiperustus ja kantava alapohja, ryömintätila		•	•		• ¹⁾		
7 Paaluperustus ja kantava alapohja, maata vasten valettu					• ²⁾	•	•
8 Paaluperustus ja kantava alapohja, ryömintätila					• ²⁾		•

1) Massanvaihto, jos pohjavesi on kaivutason lähellä tai sen alapuolella

2) Paaluperustuksena, jos pohjavesi on lähellä maanpintaa

3) Paaluperustuksena

Perustaminen voidaan tehdä matala- tai syväperustuksena sen mukaan, kuinka syvälle maahan kuormitukset johdetaan. Syväperustus tarkoittaa perustamista roudan ulottumattomiin eli Suomessa alueesta riippuen noin 1,6–2,6 m. Kustannusten kannalta edullisempaa on kuitenkin perustaa matalaperustuksena routarajan yläpuolelle ja tehdä huolelliset routasuojaustyöt. (Palolahti – Mäki 2010, 57.)

Yleisesti ottaen hiekkamaaperät ovat hyviä perustusmaita rakentamiselle. Hiekkalle perustettaessa perustustavoista yleisin on perusmuuri. Alapohjana käytetään paljon maanvaraista alapohjaa, mutta myös tuulettuva rossipohja on käytetty. Jos maaperä on huonosti kantava, syynä on savi- tai silttikerros. Sillon vaihtoehtoina ovat paalutus tai laattaperustus, joista huomattavasti harvemmin käytetään laattaperustusta. Pohjatutkimusten jälkeen tehdään perustussuunnitelmat, jotka hyväksytetään rakennusvalvonnalla. Sitten voidaan tilata paalutus- suunnitelmat ja paalutus tontille. (Rakenna kotisi Ruukin teräspaalujen varaan. 2012, 7; Palolahti – Mäki 2010, 49–52.)

3.3 Perustusrakenteiden valitseminen

Perustusrakenteiksi valittiin selkeästi kolme erityyppistä perustamistapaa, perinteinen muurattava harkkosokkeliperustus, elementtiperustus ja paalutettu teräspalkisto -perustus. Harkkosokkeliperustus on hyvin tunnettu ja käytetty perustamistapa. Perustusrakentamisessa ovat yleistymässä kaikentyyppiset sokkelielementtiratkaisut.

3.3.1 Harkkorakenne

Harkkorakentaminen sopii hyvin pientalorakentajalle, koska harkot ovat kevyitä ja niitä on helppo työstää. Vakiomittaisia standardiharkkoja käytetään moduulimitoitetuissa rakennuskohteissa ja niitä ovat:

- suorakulmainen umpiharkko, H
- suorakulmainen uraharkko, UH
- suorakulmainen reikäharkko, RH
- suorakulmainen reikäuraharkko, RUH. (Palolahti – Mäki 2010, 10.)

Perustuksissa voidaan käyttää kevytsora- ja betoniharkkoja, joita on saatavilla muurattavia, ladottavia, liimattavia ja valettavia harkkoja. Kevytsoraharkot painavat vähemmän kuin betoniharkot. Käyttötarkoituksen mukaan saatavilla on eristämättömiä ja eristettyjä harkkoja. Muurattavien harkkojen joka toiseen vaakasaumaan asennetaan yleensä kaksi 8 mm:n tai 10 mm:n terästankoa kuormituksista riippuen. Lisäksi muurauksen yhteydessä käytetään ruostumattomia teräksisiä muuraussiteitä, joita asennetaan tapauskohtaisesti 4–8 kpl/m². Ovi- ja

ikkuna-aukkojen pieleen asennetaan muurausside jokaiseen saumaan lujittamaan aukon pielusta. Aukkojen ylitykset toteutetaan valuharkoilla ja tarvittaessa pienillä teräsbetonipalkeilla. (Palolahti – Mäki 2010, 6–12.)

Harkkorakenteella perustus voidaan tehdä maanvaraisena (kuva 9), joka on selvästi käytetyin ratkaisu pientalorakentamisessa. Harkkosokkelin pintaan asennetaan yleensä jatkuva vedeneristys, esimerkiksi bitumikermi, perusmuurilevy ja lämmöneristys. Mikäli perustukset eivät ole jatkuvan vedenpaineen rasittamana, vedeneristys voi olla epäjatkuva, kuten perusmuurilevy. Perusmuurin ja anturan liitoskohtaan tehdään muurauslaastilla pieni kallistus, ettei vesi jää seisomaan anturan päälle. Harkkojen näkyvät osat tasoitetaan ja pinnoitetaan sopivalla pinnoitteella. (Palolahti – Mäki 2010, 56–58.)



KUVA 9. Maanvarainen harkkosokkeliperustus (Palolahti – Mäki 2010, 56)

Tuulettuvan alapohjan kantavana rakenteena voi olla esimerkiksi ontelolaatasto (kuva 10). Ontelolaatalla voidaan toteuttaa pitkiäkin jännevälejä, jolloin kantavia seinälinjoja on vähemmän.



KUVA 10. Kellarillinen harkkosokkeliperustus (Palolahti – Mäki 2010, 56)

Ryömintätilallisen alapohjan (kuva 11) kantava rakenne on myös usein ontelolaatta. Ryömintätilallinen kantava alapohja sopii hyvin vaihteleviin rakennuspai-
kan korkeuseroihin. Lisäksi etuna on täyttöjen vähäisyys ja putkiston helppo
kuljettaminen ryömintätilassa. Tuulettuvan alapohjan perustamissyvyys on al-
haisempi kuin maanvaraisen alapohjan. Tuuletuksesta aiheutuu myös ylimää-
räistä lämmönhukkaa rakenteelle. (Palolahti – Mäki 2010, 69.)



KUVA 11. Ryömintätilallinen harkkosokkeliperustus (Palolahti – Mäki 2010, 56)

Perustusrakenteissa käytetään yleensä 200–380 mm paksuja harkkoja. Usein perustuksen alin tai kaksi alinta kerrosta muurataan eristämättömällä harkolla, ja siitä ylöspäin eristetyllä harkolla. Eristeharkossa on eriste valmiina kahden kevytsora- tai betonipinnan välissä. Perustusharkoissa on myös valmiina urat raudoitusta varten. Kuvassa 12 on meneillään harkkoperustuksen muuraustyöt. Muurattavat harkot levitetään tasaisesti perusmuurin viereen, jotta ne ovat hyvin muurarin ulottuvilla. (Kevytsoraharkkoperustusten suunniteluohje. 2005, 3.)



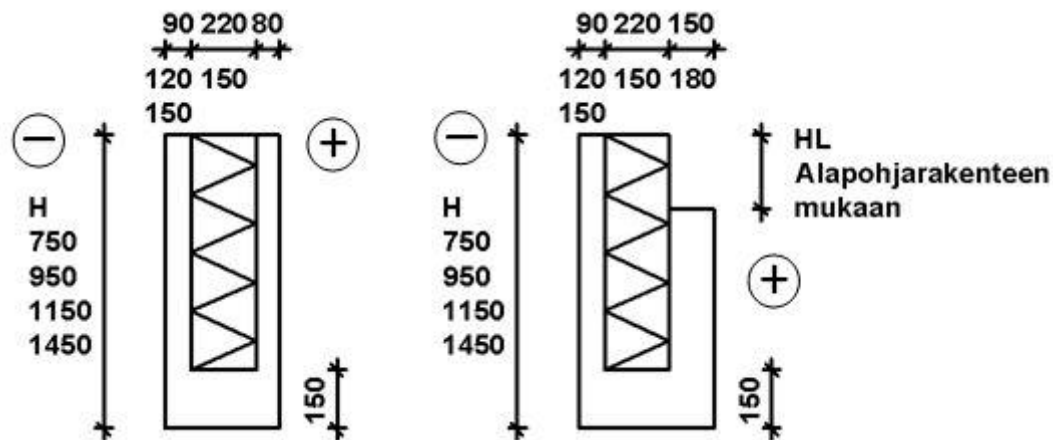
KUVA 12. Harkkoperustuksen muuraustyöt meneillään (Palolahti – Mäki 2010, 45)

Harkkoratkaisu on yksinkertainen ja tunnettu ratkaisu monille rakentajille. Normaalikokoisen omakotitalon perustus muurataan yhdessä tai kahdessa päivässä. Erityisesti harkkoratkaisu sopii vapaa-ajan asuntojen perustukseksi, koska mökkiteille perustuselementtien kuljetus- ja nostokaluston pääsy on epävarmaa. Rakennusvaiheen aikaan tontilla käy useita erikokoisia kuljetusautoja, joten tieura täytyy olla hyvässä kunnossa. Harkolla voidaan myös toteuttaa perustukset vaativiin olosuhteisiin, esimerkiksi saareen. Jos rakennuskohde perustetaan epätasaisen kallion päälle, järkevä perustamistapa on silloin pilariperustus harkolla toteutettuna. Silloin kalliota ei tarvitse räjäyttellä tasaiseksi, vaan pilareilla haetaan sopiva korkeusasema harkkovarvien avulla.

3.3.2 Elementtirakenne

Sokkelielementtejä on erityyppisiä valmistajista riippuen, mutta yleinen tyyppi on esimerkiksi sandwich-sokkelielementti, jossa eriste on keskellä ja ulko- ja sisäkuorena betoni. Sisä- ja ulkokuori mitoitetaan yläpuolisten rakenteiden ja kuorimitusten mukaan, jolloin yleensä vain toinen on kantava osa. Elementtisuunnittelu.fi -sivusto on määritellyt sandwich-sokkelielementeille suositeltavia mittoja (kuva 13). Eri valmistajilla on kuitenkin käytössä myös omia vakiomittoja elementeille, joten seinä- ja alapohjaliitokset tulee suunnitella aina kohdekohtaisesti.

ti. Eristeenä käytetään yleensä PUR-eristettä tai EPS 80S -eristettä. (Sokkelielementit.)



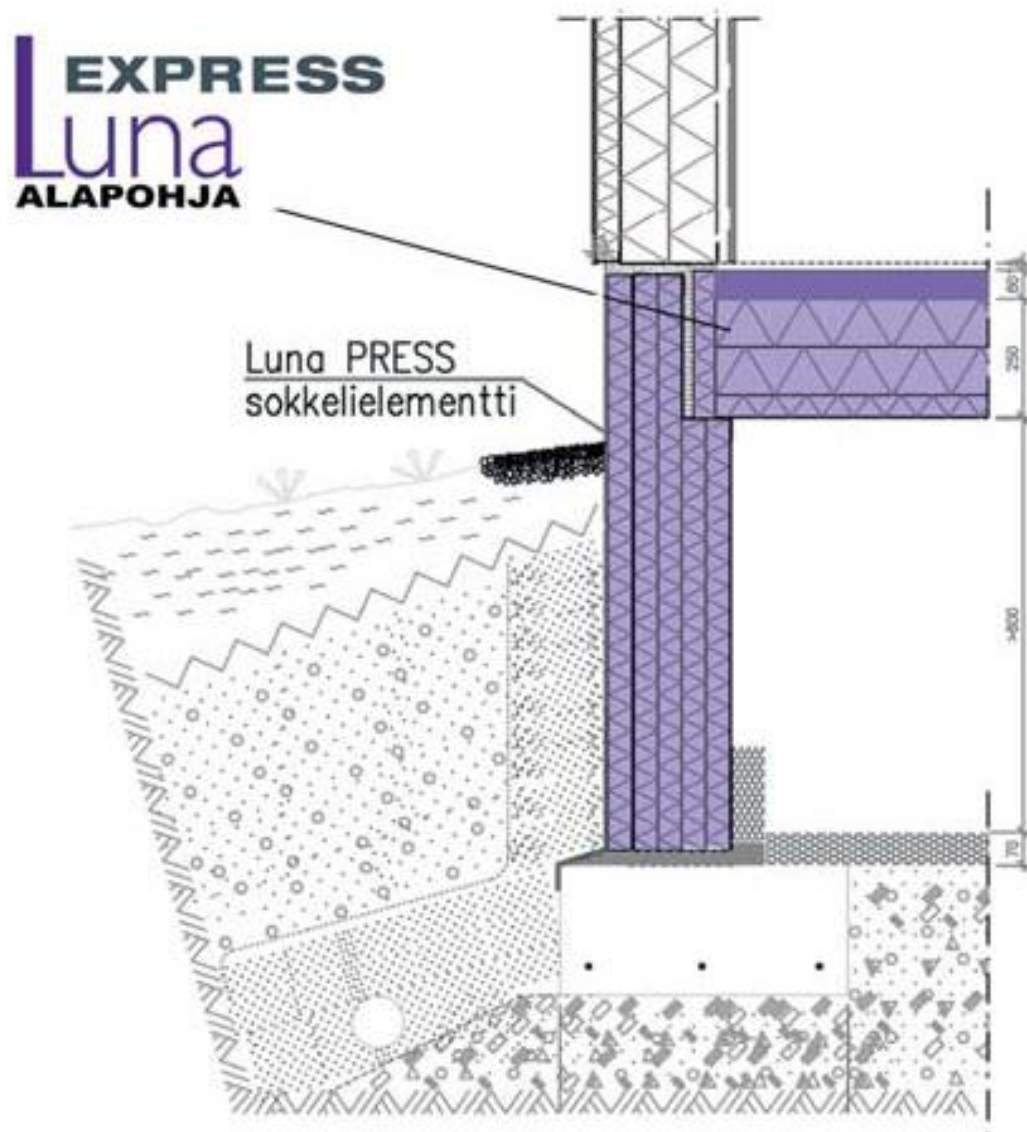
KUVA 13. Sandwich-sokkelielementtien suositeltava mitoitus (Sokkelielementit)

Betonipintaisten elementtien maksimipituudet ovat 8–9 m. Kun ulkokuori on pinnoitettu valmiiksi, sokkelin suositeltu pituus on 3,5 m, koska pitkät elementit ”elävät” kosteuden ja lämpötilan muutosten takia paljon. Lämpöliike aiheuttaa sokkelin pintaan halkeamia ja vaurioita. Sokkelielementit ovat kevyitä rakenteita, joten ne eivät vaadi järeää nostokalustoa. Elementeissä on yleensä valmiina vedeneristykset ja pinnoitteet, joten asennus on todella nopeaa. Muita sokkelielementtiratkaisuja ovat esimerkiksi ontelolaatta- ja kuorielementti. Ontelolaatataperustusta käytetään yleisimmin paalutetuissa pientalokohteissa ja niillä päästään jopa 12 m:n jänneväleihin. Kuorielementtejä käytetään kohteissa, joissa on kellari ja sokkelin pinta jää suurelta osin maanpinnan alle piiloon. (Sokkelielementit.)

LunaPRESS-sokkelielementti

Elementtivalmistaja Aulis Lundell Oy valmistaa sokkeli- ja alapohjaelementtejä. Sokkelielementtien kantavana runkona on EPS-eristeen ulko- ja sisäpinnoissa oleva teräsrunko. Lundell Oy:n sokkeliratkaisu on suunniteltu yhteen heidän alapohjaelementtinsä kanssa (kuva 14), mutta sokkelielementti soveltuu myös erillään pientalon perustukseksi. Elementit juurivaletaan ja kiinnitetään anturaan

teräskiinnikkeillä. Kuvan 15 vasemmassa reunassa näkyy ylös käännetty tehdasasennettu bitumikermi, joka käännetään alas juurivalun jälkeen. Kaikki saumat tiivistetään eristevaahdolla. (Perustuselementit.)



KUVA 14. Luna PRESS -sokkelielementin rakenneleikkaus (RT 38303. 2012, 2)

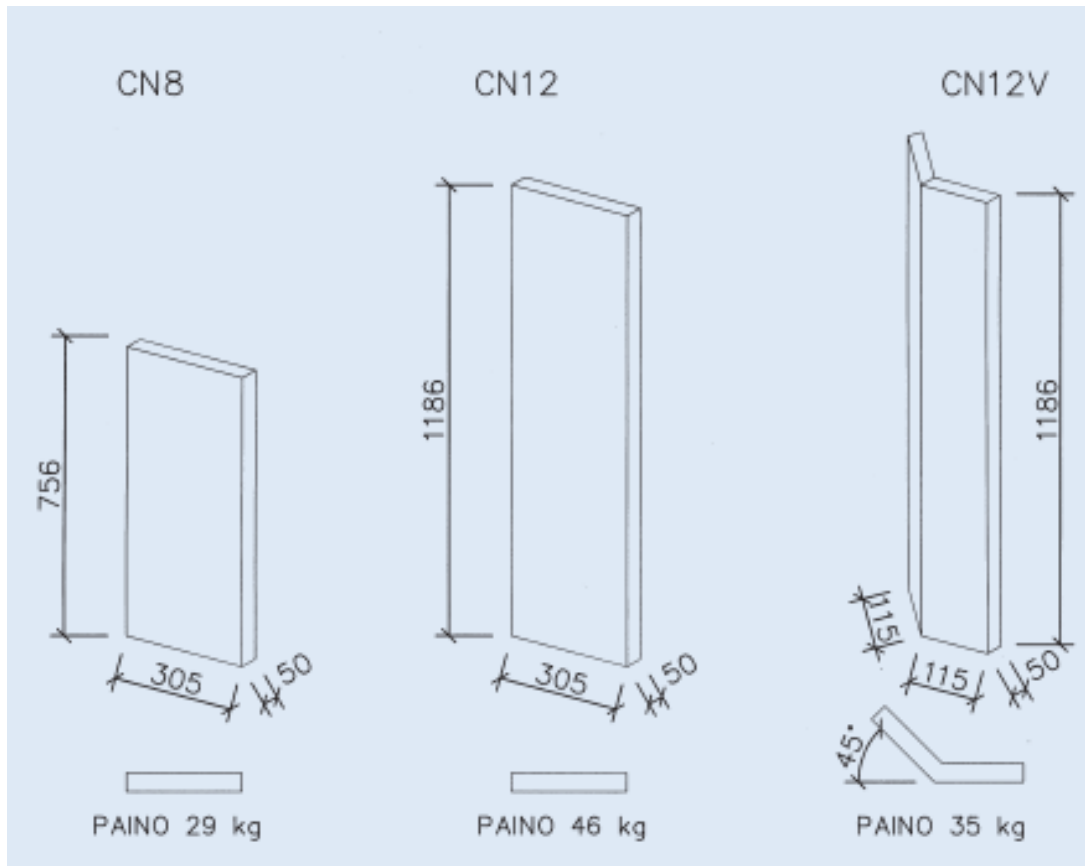
Luna PRESS -sokkelielementeissä on tehdasvalmisteinen luonnonkivipinta. Elementtien paksuus on 250 mm, vakiopituudet 1 000, 3 000 ja 6 000 mm, korkeus 900–1 200 mm ja paino 62 kg/jm (1 200 mm). 6 m:n pituinen ja 1 200 mm korkea sokkelielementti painaa siis 372 kg. (Perustuselementit; RT 38303. 2012, 2.)



KUVA 15. Sokkelielementtien asennusta (Pientalon perustus)

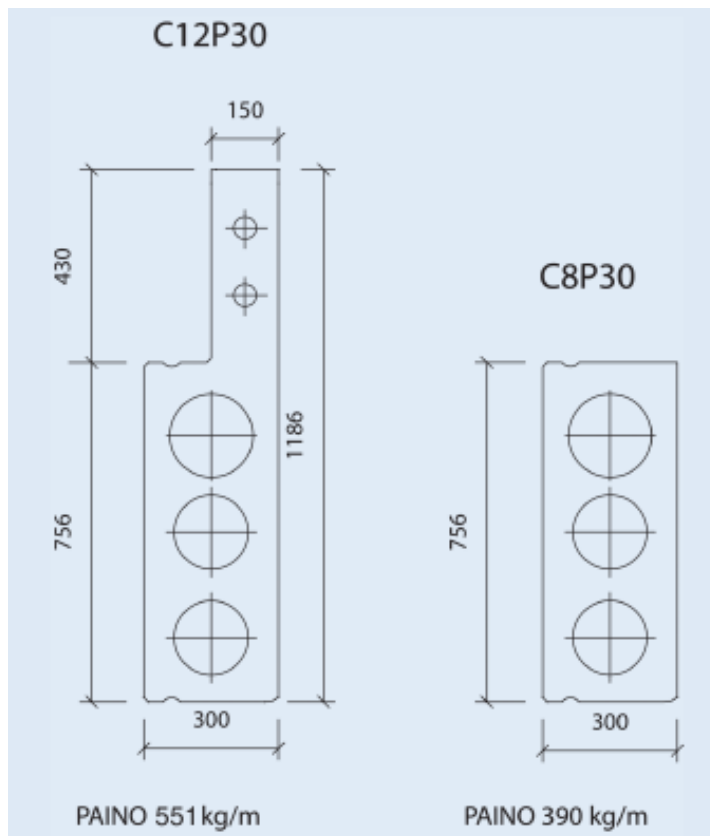
ParmaParel-sokkelielementit

ParmaParel-sokkelielementit ovat lämpöeristämättömiä ontelolaattaelementtejä. Ulkopinnassa on teräsmuottipinta ja sisällä liukuvalupinta. Elementtejä on kahta vakiotyyppiä: ulkoseiniin ja keskilinjoihin tulevat pitkät palkit ja nurkkiin tulevat nurkkaelementit. Parman vakionurkkaelementtityypit ovat suora- ja vinonurkkaelementit (kuva 16). Vaihtoehtoisena ratkaisuna nurkat voidaan raudoittaa, muotittaa ja valaa. (PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat. 2010b, 7.)



KUVA 16. Sokkelielementtien asennusta (PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat. 2010b, 5)

Normaali ulkoseinäsoinkelipalkin paino on noin 550 kg/jm ja keskilinjaosokkelipalkin noin 390 kg/jm (kuva 17). Sokkelielementin maksimipituus on 12 m, mutta vain harvoin ratkaisut ovat näin pitkillä jänneväleillä. Elementtien nostaminen tapahtuu nostoliinujen avulla. (PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat. 2010b, 7.)

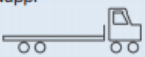
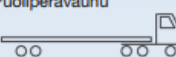
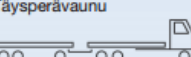


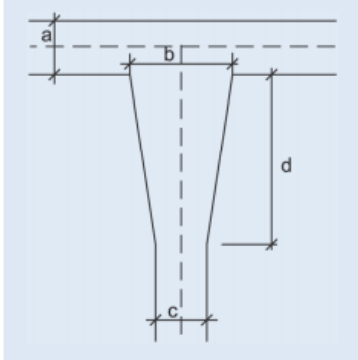
KUVA 17. Sokkelielementtien asennusta (PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat. 2010b, 5)

Parma-sokkelipalkkien hinnat ovat noin 100–120 €/jm (sis alv ja rahti) riippuen toimitusajasta ja paikkakunnasta. Nämä hinnat ovat noin 50 km:n päähän Parman Hyrylän tehtaalta. Nurkkaelementtien kappalehinta on noin 80–100 €/kpl (sis alv ja rahti). Parman sokkelielementin suuren painon vuoksi rakennuskohteeseen tarvitaan hirsinosturia järeämpi nosturi. Elementin pituus vaihtelee kohteesta ja kuormituksista riippuen 1–10 m:n välillä. Yleensä kuitenkin pyritään noin 3–6 m:n pituuksiin, ja silloin esimerkiksi 6 m pitkä elementti painaa 3 300 kg. Ontelosokkelielementin käyttökohteet onkin sijaittava hyvien teiden läheisyydessä, joten kauniiden metsälampien ja järvien rannoille nousevien kesämökkien perustuksiin elementtien hyödyntäminen on mahdotonta. (Uotila 2013.)

Parma Oy on määritellyt tarkat ohjeet tontille menevän tieuran vaatimuksista (kuva 18). Ostaja vastaa siitä, että tien kantavuus ja ajoleveydet ovat riittävät. Mikäli ajoreitti ei vastaa ohjeessa esitettyjä ohjearvoja, auton kuljettaja tekee

oman päätöksensä tontille ajamisesta. Nämä ohjeet sopivat myös muiden elementtien tai puutavaroiden kuljetuksiin. (PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat. 2010b, 5.)

Ajoneuvon tyyppi	Kok.paino tonnia	Tien/portin leveys (m)				max.nousu %
		a	b	c	d	
Nuppi 	32	> 5,5	> 5,5	> 4,0	> 12,0	16
Puoliperävaunu 	48	> 8,0	> 8,0	> 4,0	> 22,0	12
Täysperävaunu 	60	> 8,0	> 8,0	> 4,0	> 22,0	10



KUVA 18. Sokkelielementtien asennusta (PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat. 2010b, 5)

3.4 Paaluperustus

Yleisin paalutyyppi Suomessa on teräsbetoninen lyöntipaalu, joka lyödään aina kantavaan maakerrokseen asti. Joskus joudutaan lyömään useita paaluja peräkkäin, jolloin jatkoskohdat tehdään työmaalla. Teräsbetonipaaluja tehdään vakio poikkileikkausmitoilla, jotka valitaan kuormitusten ja pohjaolojen perusteella. Paalujen pituudet vaihtelevat kohteesta ja tarpeesta riippuen 3–15 m:n välillä. Paalujen varaan tehdään yleensä paikallavalettu betoniantura, mutta myös esimerkiksi teräspalkisto on mahdollinen. (Paalut.)

Ruukin teräasperustus

Rautaruukki Oy:n tuulettuvassa RR-teräasperustuksessa lyötyjen tai porattujen teräspaalujen päälle asennetaan teräksinen alapohjaputkipalkisto (kuva 19). Paalujen asennukseen kuluu yleensä yksi tai kaksi päivää pohjaolosuhteista ja kohteen koosta riippuen. Teräspalkisto voidaan asentaa välittömästi paalujen päälle. Kun palkit kiinnitetään pulttiliitoksilla toisiinsa ja paaluihin, ne muodostavat yhdessä tukevan rakennejärjestelmän. (RR-teräasperustus, 2–5.)



KUVA 19. Ruukin teräspäälustuksen rakenne (RR-teräspäälustus, 1)

RR-teräspäälustuksessa ei käytetä ollenkaan routasuojasta, koska siinä ei ole anturarakenteita ollenkaan. On kuitenkin tärkeää, että täyttö- ja pohjamaat ovat routimatonta maa-ainesta. Routa vaikuttaa vain päälujen yläosaan, mutta päälujen sileän pinnan takia roudan vaikutus on olematon. Jos maaperä on routivaa, tarvitaan routasuojaus pääluille. Teräspäälustuksiin voidaan tehdä erityyppisiä vapaasti toteutettavia sokkeliverhouksia, esimerkiksi sokkelielementti sopii hyvin. (RR-teräspäälustus, 2–5.)

Päälustusten asennus alkaa päälujen lyömisellä, jotka päälutuskone ”junttaa” kantavaan maakerrokseen asti. Kuvassa 20 on pääluverkosto asennettuna valmiiksi. Päälu-urakoitsijat pyrkivät tekemään kohteen päälutuksen yhdessä

päivässä, kun kyseessä on normaalikokoinen rakennus. Paalutus tapahtuu nopeasti ja töitä päästään jatkamaan välittömästi. (RR-teräspäerustus, 2–5.)



KUVA 20. Teräspäerutus asennetaan päerutuskoneella (Pientalon päerustus)

Päerujen päälle asennetaan putkipäeristo (kuva 21), jonka päälle voidaan asennaa esimerkiksi puinen seinän alajuoksu tai onteloläatasto. Teräspäerutuksen asennus sopii hyvin talviaikaan, koska päerustusten tekeminen kestää vain muutaman päerivän ja aikaa ei tarvitse käyttää betonin lämmittämiseen tai lumen sulattamiseen. (RR-teräspäerustus, 2–5.)



KUVA 21. Teräspaalut ja putkipalkisto asennettuina (Pientalon perustus)

Työn edetessä päätettiin, että Ruukin teräspäälustusta ei oteta perustusrakenteiden hinta- ja ominaisuusvertailuun. Mikäli maaperä on huonosti kantava, se pakottaa valitsemaan perustustavaksi paaluperustuksen, ja silloin on järkevää tutkia tarkemmin eri paaluvalmistajien ja -toteuttajien hintatasoja.

4 MAANVARAISET TERÄSBETONILAATAT

Maanvaraisia teräsbetonilaattoja valittiin 3 eri tyyppiä. U-arvovaade on määräysten mukaan $0,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ maanvastaisilla rakennusosilla. Maanvaraisen betonilaatan paksuus on yleensä 70–100 mm. Tarkasteltavien rakenteiden paksuudeksi valittiin 80 mm, koska paksu laatta on kalliimpi ja sen kuivumisaika on pidempi. Laatan kuivumista on käsitelty tarkemmin luvussa 4.3.2 Betonin kuivuminen. (Rakennusten energiatehokkuus. 2011, 13.)

4.1 Eristemateriaalit

Eristemäärät rakenteissa vaihtelevat, koska tarkastelussa käytettiin kolmea eristetyyppiä, EPS:ää, XPS:ää ja polyuretaanilevyä (PUR). Nykyeristeillä EPS:n ja XPS:n lämmönjohtavuusarvot ovat lähes samaa luokkaa, mutta PUR-eristeen lämmönjohtavuus on omaa luokkaansa. Eristeen hinta määräytyy myös hyvin pitkälle lämmönjohtavuuden mukaan eli PUR-eriste on huomattavasti kalliimpaa kuin tavallinen EPS-eriste.

Eristeiden asentamisessa on joitakin pieniä eroja, mutta asennusnopeus ja kustannukset ovat kutakuinkin samat. EPS-eristelevyt vain ladotaan paikoilleen, kun usein XPS:ssä ja PUR-levyissä on päätyponttaus. Päätyponttatun eristelevyn asennus ei vie merkittävästi enempää aikaa kuin tavanomaisenkaan levyn asennus. Ponttisaumoihin pursotetaan uretaanivaaho tiiveyden varmistamiseksi. Nykyään energiamääräysten kiristyttyä markkinoille ilmestyy jatkuvasti uusia tehokkaampia eristeitä, jotka syrjäyttänevät tutun EPS-eristeen tulevaisuudessa. Uuteen eristeeseen kuitenkin suhtaudutaan aluksi kriittisesti ja siksi tutut eristeet ovat suositumpia.

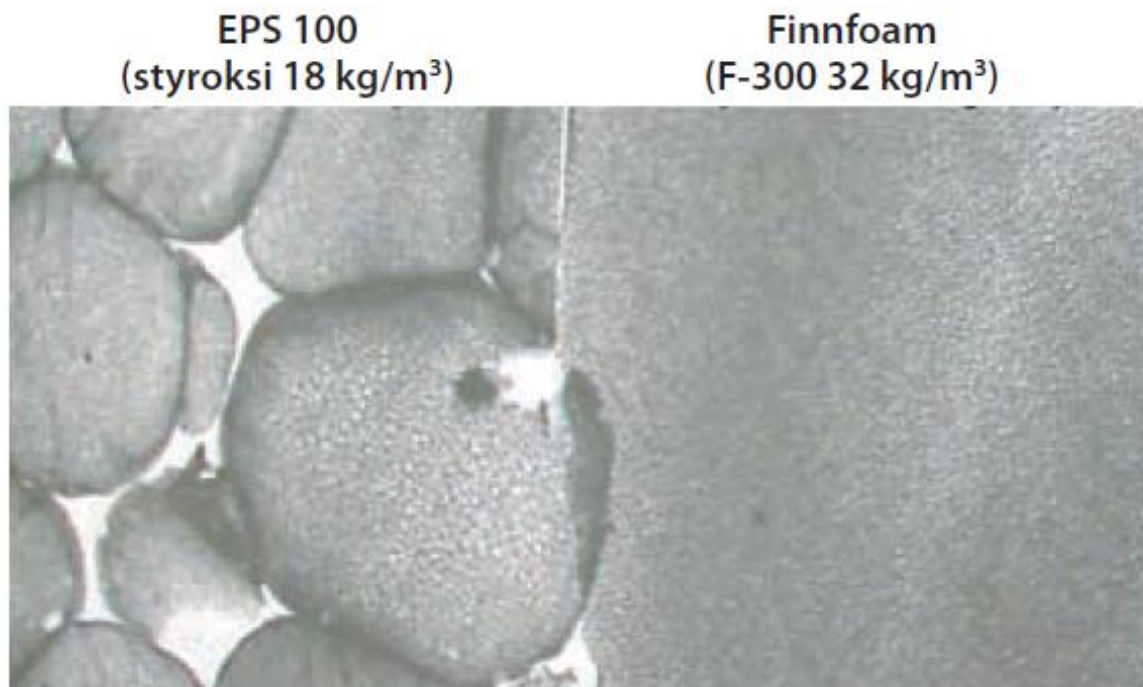
EPS-eristelevy

EPS eli polystyreenimuovi (vanhalta tuotenimeltään styrox) on paljon käytetty ja rakentajille tuttu materiaali. Eristelevyt ovat nopeita ja kevyitä asentaa sekä niiden työstäminen on helppoa. AP1:ssä eristeenä käytettiin ThermiSolin EPS 100 Lattia -lämmöneristyslevyä, jonka lämmönjohtavuusarvoksi ilmoitetaan $0,036 \text{ [W/m}^2\text{K]}$. Tällä lämmönjohtavuusarvolla nykyiseen maanvaraisen betonilattian

U-arvovaateeseen $0,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ vaaditaan keskialueelle noin 150 mm ja reuna-alueelle noin 200 mm eristettä. Jos U-arvovaade olisi $0,09 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, silloin eristemäärä reuna-alueella olisi jo 350 mm. (RT 36-10690. 1999, 1; Eristä oikein, 18.)

XPS-eristelevy

XPS on polystyreenistä valmistettua eristyslevyä, jonka lämmönjohtavuusarvo on välillä $0,026\text{--}0,034 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ eli jonkin verran parempi kuin EPS:llä. Toisessa tarkastelun kohteena olevassa maanvaraisessa rakenteessa eli AP2:ssa eristeenä on XPS-eristelevy. Tunnettu tuotemerkki on esimerkiksi Finnfoam. Finnfoamin ilmoitettu lämmönjohtavuusarvo on $0,026 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ eli sitä käytettynä vaadittuun U-arvoon päästään keskialueella noin 100 mm:n ja reuna-alueella 150 mm:n eristeellä. Finnfoam-eristelevyjä saa puolipontattuna, täyspontattuna tai ilman ponttausta. Kuvassa 22 näkyvät EPS:n ja XPS:n solurakenteet, jotka eroavat toisistaan huomattavasti. (RT 37871. 2000. Finnfoam-lämmöneristeet, 5.)



KUVA 22. EPS ja Finnfoam eristeiden solurakenteet (RT 37871. 2000, 5)

PUR-eristelevy

PUR-eristelevyt valmistetaan polyuretaanista. Tunnettuja PUR-levyjä ovat SPU-polyuretaanilevyt, joita saa myös puolipontattuna, täyspontattuna tai ilman ponttausta. Maanvaraiseen alapohjaan eristeeksi käy esimerkiksi SPU AL -yleiseristelevy, jonka lämmönjohtavuusarvo $0,023 \text{ [W/m}^2\text{K]}$. SPU-uretaanilevy ei läpäise radonkaasua, kun levyjen saumat tiivistetään uretaanivaahdolla. Alapohja 3:ssa lämmöneristeenä käytettiin PUR-eristettä, jotta huomattaisiin, paljonko rakenteen paksuus vaihtelee eristetyyppiä vaihtamalla. Jotta vaadittuun U-arvoon ($0,16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$) päästään, keskialueelle tarvitaan 80 mm ja reuna-alueelle 130 mm SPU-eristettä. (Tietoa helpposta ja tehokkaasta eristämisestä. 2010, 4–5.)

4.2 Betonin saatavuus ja kuljetus

Betoni kuljetetaan työmaalle yleensä sekoitussäiliöautolla, jossa betoni saadaan sekoitettua homogeeniseksi ennen valamista. Säiliön tilavuus on $5\text{--}8 \text{ m}^3$ ja painoa täydelle autolle tulee jopa yli 40 tonnia, joten tontille menevien teiden kantavuudet täytyy olla selvillä. Säiliöautosta betoni siirretään pumppuautolla, jotka ovat huomattavasti kevyempiä kuin säiliöautot. Kuvassa 23 olevan pumppuauton ulottuvuudet ovat vaakasuuntaan $11\text{--}24 \text{ m}$ ja pystysuuntaan $16\text{--}28 \text{ m}$. Betonin saatavuus syrjäseuduille pitää varmistaa ajoissa. Betonia voidaan kuljettaa pitkiäkin matkoja, mutta kustannukset nousevat nopeasti. (Autobetonipumput.)



KUVA 23. Ruduksen pumppubetoniauto (Autobetonipumput)

4.3 Raudoitus, valaminen ja jälkihoito

Ennen valamista lattiaan asennetaan raudoitteet, lattialämmitysputkisto ja muut valun sisään jäävät putki- ja sähkövedot. Betonilaatassa käytetään teräsverkkoa, jonka halkaisija on yleensä 8, 10 tai 12 mm kuormituksista riippuen. Suojabetonin paksuun lämpimissä tiloissa on vähintään 20 mm. Valupäivät suunnitellaan tarkasti ja säätiedotusta seurataan etukäteen, jotta valuolosuhteet olisivat riittävän hyvät. Talvella kovilla pakkasilla valutöitä ei ole järkevää tehdä, vaan odotetaan suotuisampia ilmoja. Valettua betonilattiapintaa tulee jälkihoitaa olosuhteista riippuen useita päiviä. Jälkihoidolla tarkoitetaan valun pitämistä riittävän kosteana ja lämpimänä. Kesällä kuumalla säällä betoni yrittää kuivua liian nopeasti aiheuttaen betoniin hallitsemattomia halkeamia. Kylmä ilma taas hidastaa betonin sitoutumista ja kovettumista. (Palolahti 2011, 28.)

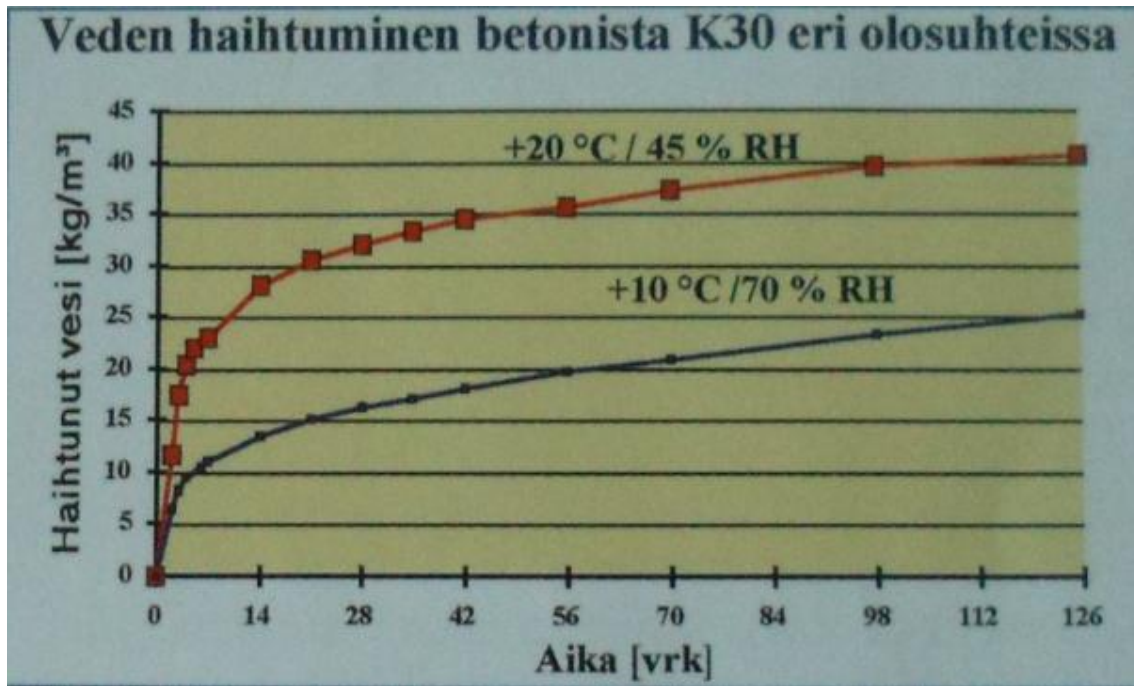
4.3.1 Betonin kuivuminen

Betonivalun rakennekosteuden kuivumisesta kannattaa tehdä arvio työmaalla. Arvioituja kosteuspitoisuuksia verrataan mitattuihin tuloksiin. Valmistuksessa betoniin sekoitetaan vettä noin 180–220 l/m³. Osa vedestä sitoutuu betoniin reaktion yhteydessä ja loppuosa jää rakenteeseen ”ylimääräiseksi”. Kosteaa betonimassa hakeutuu tasapainoasemaan ympäristönsä kanssa. Tämä sitoutumisen jälkeen jäävä ylijäämävesi on saatava betonivalusta pois, ennen kuin pinoituksia voidaan tehdä. Yleensä lattiapinnoite voidaan asentaa, kun betonin suhteellinen kosteus on korkeintaan 80–90 %. Materiaalivalmistajien ohjeissa on tarkemmat vaatimukset suhteelliselle kosteudelle. Normaalisti noin 80 mm betonilattian kuivuminen vaatii useita viikkoja ympäristön lämpötilasta ja kosteudesta riippuen. Kuivumista voidaan nopeuttaa tuuletuksella, kuivureilla (kuva 24) ja hiomalla pinnasta sementtiliima pois. Myös betonimassan valinnalla on merkitys, koska mitä suurempi raekoko on ja mitä pienempi vesimäärä on, sitä nopeampaa on kuivuminen. (Palolahti 2011, 29–31.)



KUVA 24. Rakennuskuivuri (Palolahti 2011, 31)

Betonin kuivumiseen vaikuttavat merkittävimmin betonin ominaisuudet, rakenneratkaisu ja ympäristösuhteista lämpötila sekä suhteellinen kosteus (kuva 25). Betonin huokosrakenne ja muut ominaisuudet vaikuttavat myös haihtuvuuden nopeuteen. Aluksi betoni kuivuu nopeammin, mutta kun huokosrakenne muuttuu ja betonista tulee tiiviimpää, kuivuminen hidastuu. Kuivumisnopeuteen vaikuttaa betonimassan vesisideainesuhde. Suuri merkitys on myös sillä, että kuivuuko betoni yhteen vai kahteen suuntaan. Maanvaraisessa betonilaatassa alapuolinen lämmöneriste estää rakenteen kuivumisen alaspäin, mutta estää samalla myös maaperän kosteuden siirtymistä betonivaluun. (Merikallio 2002, 35–36.)



KUVA 25. Ympäristön olosuhteiden vaikutus betonista haihtuvaan veteen (Merikallio 2002, 35)

Olosuhteista merkittävimmin kuivumiseen vaikuttavat lämpötila, ilmavirrat ja ympäristön suhteellinen kosteus. Optimaalinen ympäristön kosteus on noin 50 %, johon harvoin päästään rakennustyömaalla. Työmaalla ilmankosteuden arvoa nostaa esimerkiksi työmiesten hikoilu ja maalaus-, muuraus- sekä tasoite-työt. Rakennustyömaalla on tärkeää, ettei betoniin pääse lisäkosteutta ympäristöstä, kuten sadevettä tai lunta. Lämpötilan noustessa vesihöyryn osapaine kasvaa ja kosteuden siirtyminen nopeutuu. Nopeaan kuivumiseen vaaditaan vähintään +20 astetta lämmintä. Tärkeää on saada itse betoni lämpimäksi, mutta myös ympäristön lämpötilalla on merkitystä. (Merikallio 2002, 35–36.)

Optimaaliset olosuhteen betonin kuivumiselle ovat noin +20 astetta lämmintä ja suhteellinen kosteus noin 50 %. Näihin lukuarvoihin päästääkseen on käytettävä lämmittimiä ja kuivureita työmaalla. Kuivurit ovatkin tuttu näky rakennuksilla heti lattiavalujen jälkeen. Kuivurit kuivattavat huoneilmaa, jolloin betonin ja huoneilman suhteellisen kosteuden erotus on suurempi ja betoni luovuttaa paremmin kosteutta huoneilmaan. Usein rakennuksilla on myös lämmittimiä, joilla lämmitetään huoneilmaa ja myös betonia. Liian lämpimäksi huonetilaa ei kann-

ta lämmittää, koska kuiva sisäilma aiheuttaa valun liian nopean kuivumisen ja halkeilun. Liian kuumassa on myös epämiellyttävä työskennellä.

Kosteusmittaukset

Kosteutta voidaan mitata erilaisilla menetelmillä, ja ne soveltuvat eri tarkoitukseen. Menetelmistä käytetyimmät ovat pintakosteuden mittaus ja suhteellisen kosteuden mittaus. Lisäksi kosteutta mitataan kalsimkarbidimittauksella, vastusmittauksella ja kuivatus-punnitus-menetelmällä. Pintakosteusmittarit eivät riko betonin pintaa. Eri valmistajien ja eri laitteiden mittaustulokset voivat poiketa merkittävästi, joten pintakosteusmittaus ei ole riittävän tarkka ja luotettava. Niillä kuitenkin voidaan helposti ja nopeasti etsiä muita kosteampia kohtia. Mittari ei kuitenkaan kerro, missä rakennekerroksessa kosteutta on ja syvemmällä oleva kosteus saattaa jäädä huomaamatta. (Palolahti 2011, 30–31; Merikallio 2002, 6–7.)

Suhteellista kosteutta mitataan sähköisillä mittalaitteilla poratuista mittausrei'istä tai näytepaloista. Kosteusmittauksia tehdään sekä valmiista että keskeneräisistä rakenteista. Mittaukset tulee tehdä ajoissa ja niitä tehdään tarpeeksi monta, jotta pinnoitustyöt voidaan suunnitella. Viimeisin mittaus tehdään ennen pinnoitteen asennusta ja sallittuun kosteusarvoon on päästävä. Rakennuksen sisäilman kosteutta nostaa betonivalun lisäksi muut työvaiheet, kuten tasoite-, muuraus- ja maalaustyöt. Valetun lattian päällä ei kannata säilyttää ylimääräisiä tavaroita, jotka estävät ilman kiertämisen lattian pinnassa ja näin hidastavat betonin kuivumista. Kosteusmittauksen voi tehdä esimerkiksi vastaava työnjohto tai kosteusmittauspalveluita tarjoava yritys. (Palolahti 2011, 30–31; Merikallio 2002, 6–7.)

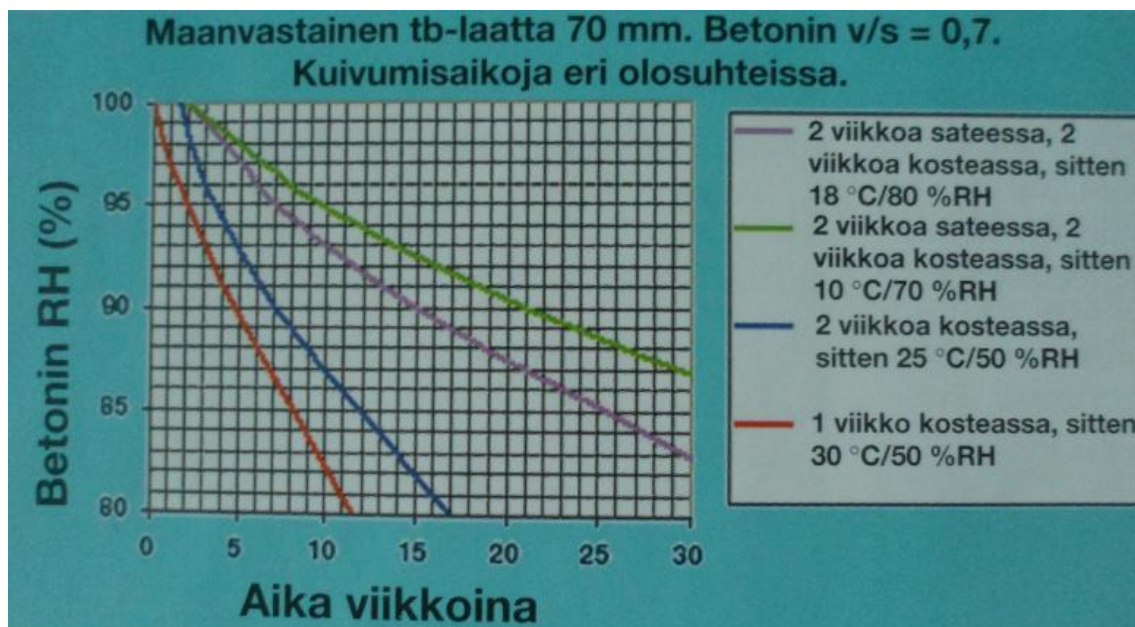
Kuivumisajan arviointi

Kuivumisaika arvioidaan usein laskennallisesti viikon tarkkuudella. Joskus kuu-lee erilaisia karkeita kuivumisaika-arvioita, kuten 1 cm/1 viikko. Tällä arvioinnilla 10 cm paksun valun kuivuminen kestäisi 10 viikkoa. Ehkä arvio on suuntaa-antava, mutta ehdottomasti liian lyhyt aika-arvio tai sitten olosuhteiden on oltava erittäin hyvät ja betonilaadun nopeasti kuivuvaa. Toinen yleisesti käytössä oleva

arviointi on, että betoni kuivuu 1 mm/1 päivä. Tällä arviointitavalla 10 cm valun kuivuminen veisi 100 päivää eli noin 14 viikkoa. Tämä arvio osuu jo lähemmäksi realistista kuivumisaikaa.

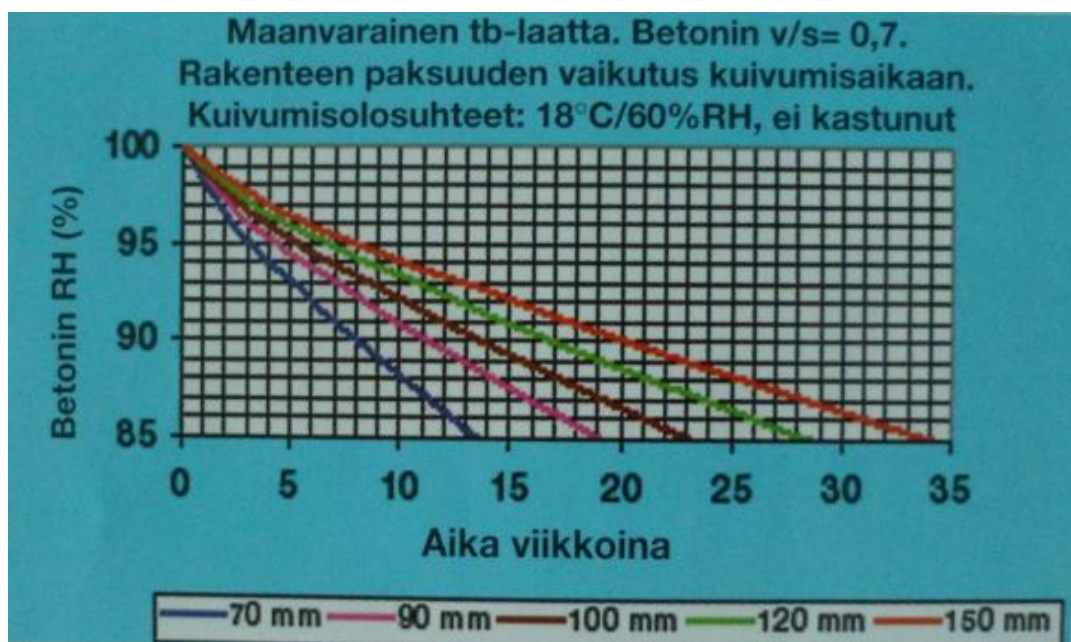
On kuitenkin muistettava, että arviointitapoja on monia, mutta todellinen kuivumisaika määräytyy betonin ominaisuuksien, lämpötilan, kosteuden ja valun paksuuden perusteella. Arvioinnin perusteella voidaan laatia työmaa-aikatauluja ja suunnitella tulevia pinnoitustöitä. Maanvarainen teräsbetonilaatta kuivuu vain sisään päin, koska alapuoliset eristeen estävät maaperään kuivumisen. Kuivumisaajan arviointiin on olemassa laskentakaava, jolla kuivumisaika saadaan viikon tarkkuudella. Lisäksi kuivumista voidaan arvioida erityyppisiä käyrästöjä apuna käyttäen.

Kuvassa 26 on esitetty olosuhteiden vaikutusta kuivumisaikaan. Valun suojaaminen vesisateelta on ehdottoman tärkeää, koska kuivumisaikat pidentyvät useilla viikoilla, kun valu pääsee kastumaan. Sinisen käyrän olosuhteisiin pääsy edellyttää hyvin tehokkaita kuivureita ja lämmittimiä, jolloin kustannuksia tulee lisää. Työskentely 25 asteen lämpötilassa ei ole tehokasta eikä miellyttävää.



KUVA 26. Olosuhteiden vaikutus kuivumisaikaan (Merikallio 2002, 40)

Kuvassa 27 on esitetty rakenteen paksuuden vaikutus kuivumisaikaan. Kuvaajasta huomataan, että 70 mm ja 100 mm paksuisten laattojen kuivumisajan ero on noin 9 viikkoa, kun pyritään 85 %:n suhteelliseen kosteuteen. Laskelmissa käytettiin 80 mm:n teräsbetonilaattaa, jolle kuvaaja antaa näissä olosuhteissa kuivumisajaksi runsaat 15 viikkoa. Yleensä 85 %:n suhteellinen kosteus ei ole vielä riittävän alhainen, vaan kuivuminen kestää vieläkin pitempään. Taulukossa on mukana melko paksujakin laattoja, joita ei käytetä pientalorakentamisessa. Pientalon maanvaraisen laatan paksuus vaihtelee 70 mm:stä runsaaseen 100 mm:iin.



KUVA 27. Betonin paksuuden vaikutus kuivumisaikaan (Merikallio 2002, 40)

Betonilaatan kuivumisaikaan vaikuttavat merkittävästi myös vuodenajat, koska eri vuodenaikoina ilman suhteellinen kosteus vaihtelee. Talvella suhteellinen kosteus on pienimmillään ja kesällä suurimmillaan. Kylmä ilma ei sido kosteutta niin paljon kuin lämmin ilma, joten suhteellisen kosteuden ollessa sama eri lämpötiloissa, ilman vesipitoisuus ei ole yhtä suuri. Tästä syystä rakennuksen sisäilman lämpötilaa pidetään korkealla, jotta betonista siirtyvä vesi mahtuu sitoutumaan ympäröivään ilmaan. Kun vesi siirtyy betonista sisäilmaan, niin ilman suhteellinen kosteus nousee ja betonin laskee. Sisäilman kosteudenkerääjät keräävät ilmasta kosteutta pois ja näin pienentävät suhteellista kosteutta.

Kuivumisaikaa arvioidessa on hyvä tietää, millä materiaalilla betoni pinnoitetaan. Taulukkoon 6 on koottu materiaalikohtaisia kosteuden enimmäisarvoja. Yleisesti ottaen puu on erittäin herkkä reagoimaan kosteuden kanssa. Huokoisien rakenteensa ansioista se imee itseensä helposti kosteutta ja turpoaa. Parhaiten kosteutta kestävät tiiviit kumi- ja muovimateriaalit, mutta niiden kiinnitysliimat vaativat kuivat ja hyvät olosuhteet.

TAULUKKO 6. Suhteellisen kosteuden enimmäisarvoja (Merikallio 2009, 37)

Alustabetonin suhteellisen kosteuden RH (%) enimmäisarvot päällystysaikalla				
Päällystemateriaali	SisäRYL 2000	by45/BLY7 Betoni lattiat 2002	by 47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2007 ¹⁾	Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet (2007) ^{1) 2)}
Alustaan liimattava lautaparketti (ilman puun ja betonin välistä kosteudeneristystä)	60 %	85 %	-	85 % (normaalibetonin) 90 % (v/s < 0,5)
Mosaikkiparketti	80 %	80 % (pinta < 75 %)	85 % 90 % (v/s < 0,5)	85 % 90 % (v/s < 0,5)
Kelluva lautaparketti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %	90 %	85 % 90 % (kost. kestävä tasoite tai ei tasoitetta)	85 %
Laminaatti (puun ja betonin välissä kosteudeneristys)	80 %	-	85 %	85 %
Huopa ja solumuovipohjaiset muovimatot	85 %	85 %	85 %	85 %
Muovimatot ilman huopa- tai solumuovipohjaa	90 %	90 %	85 %	85 %
Kumimatot	85 %	85 %	85 %	85 %
Linoleumi	90 %	90 %	85 %	85 %
Tekstiilimatot, joissa alusrakenne	85 %	85 %	85 %	85 %
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90 %	90 %	90 %	90 %
Muovilaatat	90 %	90 %	90 %	90 %

1) Kaikkien materiaalien kohdalla edellytetään lisäksi, että betonin suhteellinen kosteus rakenteen pintaosissa 1-3 cm:n syvyydellä on alle 75 %.

2) Julkaisussa *Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen* (2007) on samat arvot.

Lähtökohtaisesti noudatetaan päällystemateriaalivalmistajien ilmoittamia asennusaikaisia kosteusraja-arvoja ja kiinnitysohjeita, koska vain silloin tuotteen takuu on voimassa. Jos päällysteiden asentamisessa kiirehditään esimerkiksi aikataulun vuoksi ja suositeltuja kosteusarvoja ei noudateta, vaurio on todennäköinen. Turpoamiset, kuplimiset ja huonot tartunnat huomataan hyvinkin nopeasti, mutta kosteuden seurauksena tulevat home- ja sienikasvustot huomataan myöhemmin. Näissä ongelmissa rakentaja on huonossa asemassa, jos ei ole esittää kosteusmittaustuloksia, kun vaurioita ja niiden maksajia lähdetään selvittämään. Taulukossa 7 on veden aiheuttamia vaurioita eri materiaaleille.

TAULUKKO 7. Lattiamateriaalien vauriotyyppejä (Merikallio 2009, 46)

EHDOTUS MATERIAALIN KRIITTISEKSI SUHTEELLISEN KOSTEUDEN ARVOKSI (yhdessä betonilattian kanssa)			
Materiaali	Vauriotyyppi	Vaurion syy	RH _{kriit} (%)
Muovipohjaiset materiaalit	turpoaminen, kupliminen	kosteusliikkeet	95 - 100
	kutistuminen	pehmittimien vaellus + liiman hajoaminen	riippuu liimasta
Mattoliima	hajoaminen, tartunnan heikkeneminen	saippuoituminen riittämätön kuivuminen	90 - 95
Puupohjaiset materiaalit	turpoaminen, lahoaminen	kosteusliikkeet	>75 ~80
Orgaaniset materiaalit	hajun muodostuminen	homesienikasvu	~80
Kriittinen kosteuspitoisuus riippuu tietyllä tavalla sekä materiaalin ominaisuuksista että materiaalin funktiosta rakenteessa.			

4.3.2 NK- ja NP-betonit

Ruduksen NP- eli nopeammin päällystettävän betonin luvataan kuivuvan yli kaksi kertaa nopeammin kuin tavallinen betoni. Kun betoni kuivuu nopeammin, seurauksena on suuremmat kutistumat, joita pyritään välttämään oikeaoppisella jälkihoidolla ja kutistumaraudoitteella. Jälkihoito ja jatkotyöstämiset on aloitettava nopeasti, ettei valu pääse kuivumaan liian kovaksi. Massa on jäykempää kuin tavallinen betoni, joten usein käytetään lisäaineena notkistinta. NP-betonin kuivuminen on nopeaa vain lämpimissä olosuhteissa, joten kylmässä sitä ei kannata käyttää, silloin kuivuminen on jopa hitaampaa kuin tavanomaisella betonilaadulla. (Nopeammin päällystettävä (NP) lattiabetoni. 2009, 1–3.)

NK-betoni eli nopeasti kuivuva betoni on Lujabetonin kehittämä betoniuutuus. Kuivumisajan luvataan olevan noin 40 % pienempi kuin tavanomaisen betonin kuivumisaika. Yksityiskohtia valmistuksesta ei paljasteta, mutta side- ja lisäainemäärät poikkeavat tavallisen betonin valmistuksesta. NK-betonin työstettävyyden on normaalin betonin luokkaa, vaikka massassa on vapaata vettä normaalia vähemmän ja vesi pääsee haihtumaan nopeasti. Lähtökohtaisesti NK-betoni on ajateltu käytettäväksi korjauskohteisiin, mutta tulevaisuudessa käyttö levinnee yhä enemmän uudisrakentamisen puolelle. (Tompuri 2013, 12.)

NK- ja NP-betonien käyttö tulee yleistymään rakennusalaalla nopean kuivumisen ansiosta, koska betonityypin valinnalla on yllättävän suuri vaikutus kuivumisaikaan. Lisäksi myös kipsivalutyypiset lattiamateriaalit lisääntyvät muuttovalmiita rakennuksia rakennettaessa.

5 ONTELOLAATTARAKENTEET

Ontelolaatat ovat jännitettyjä betonilaattoja, joita käytetään esimerkiksi pientalojen ala- ja välipohjina. Puurunkoisessa rakennuksessa ontelolaatan käyttö välipohjana on harvinaisempaa, koska laatan ja puurungon liitos on vaativa toteuttaa. Ontelolaatat ovat pitkiä ja raskaita elementtejä, jotka vaativat hyvän nostokapasiteetin ja ulottuvuuden omaavan nostokaluston. Pienenkin ontelolaatan paino ylittää helposti 1 000 kg (taulukko 8). (Luja -ontelo- ja kuorilaatat suunnitteluohje. 2007, 6–7.)

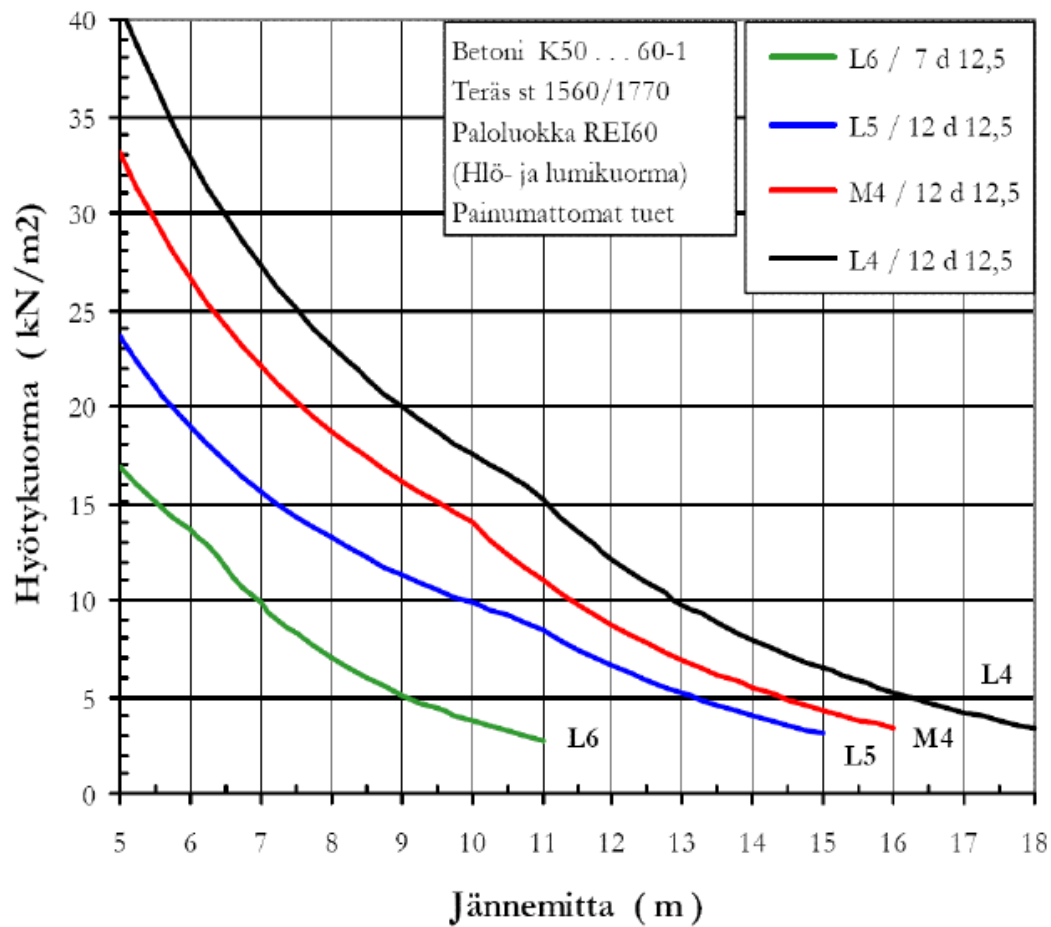
TAULUKKO 8. Lujabetoni Oy:n valmistamien ontelolaattojen painoja (Luja -ontelo- ja kuorilaatat suunnitteluohje. 2007, 6–7)

laattatyyppi	pituus [m]	leveys [m]	paksuus [m]	neliöpaino [kg/m ²]	laatan paino [kg]
L6	4	1,2	0,200	245	1176
L6	8	1,2	0,200	245	2352
L6	12	1,2	0,200	245	3528
L5	4	1,2	0,265	260	1248
L5	8	1,2	0,265	260	2496
L5	12	1,2	0,265	260	3744

5.1 Kantavuus ja jänneväli

Ontelolaattoja voidaan käyttää yksiaukkoisena rakenteena päistään tuettuna, ja niillä päästään helposti yli 10 m pitkiin jänneväleihin. Kuvassa 28 on esitetty Lujabetoni Oy:n valmistamien erityyppisten ontelolaattojen kantokykyä. Pienin ja kevein laattatyyppi on L6, jonka paksuus on 200 mm. Tämä pienin laatta riittää usein pientalojen sekä toimisto- ja liikerakennusten kantavaksi ala-, väli-, tai yläpohjaksi. Pisimmillään ontelolaatan jänneväli voi olla yli 20 m, mutta silloin

laatta on melko paksu ja kantokyky ei ole kovin suuri. (Lujabetoni Oy 2007. Luja-ontelo- ja kuorilaatat suunnitteluohje, 3–4.)



KUVA 28. Luja-ontelolaattojen kuormituskäyriä (Luja -ontelo- ja kuorilaatat suunnitteluohje. 2007, 4)


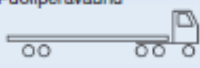
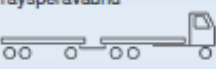
Lujabetoni Oy:n ontelolaattojen tyyppimerkinnot ja laattojen korkeudet ovat:

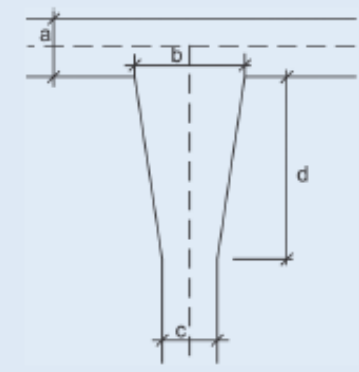
- L6, 6-reikäinen $h = 200 \text{ mm}$
- L5, 5-reikäinen $h = 265 \text{ mm}$
- M4, 4-reikäinen $h = 320 \text{ mm}$
- L4, 4-reikäinen $h = 400 \text{ mm}$ (Luja -ontelo- ja kuorilaatat suunnitteluohje. 2007, 7).

5.2 Kuljetus, nostaminen ja asennus

Ontelolaattoja kuljetetaan raskaalla kuljetuskalustolla käytännössä täys- tai puoliperävaunulla varustetulla kuorma-autolla. Ontelolaattojen suuren massan takia kuormat ovat raskaita ja hyvin lähellä tieliikennelain maksimikuormia. Laattojen purkamiseen tarvitaan vähintään 11 m leveä purkamistila, jos laattojen kuljetusauto ja nosturiauto ovat vierekkäin. Autot voivat olla myös peräkkäin, jolloin leveydeksi riittää vain nosturin tarvitsema noin 8 m. Raskaiden elementtien valmistajilla on yleensä hyvinkin tarkat ohjeistukset työmaateitä koskeviin leveyksiin, kaltevuuksiin ja kantavuuksiin. Oheisessa taulukossa 9 on tontille kääntyvän tieuran vaatimuksia. (ParmaParel-ontelolaatat 2003, 5–9.)

TAULUKKO 9. Työmaan sisäänajouran vaatimuksia (PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat 2010b, 5)

Ajoneuvon tyyppi	Kok.paino tonnia	Tien/portin leveys (m)				max.nousu %
		a	b	c	d	
Nuppi 	32	> 5,5	> 5,5	> 4,0	> 12,0	16
Puoliperävaunu 	48	> 8,0	> 8,0	> 4,0	> 22,0	12
Täysperävaunu 	60	> 8,0	> 8,0	> 4,0	> 22,0	10



Ontelolaatat asennetaan yleensä välittömästi kuorman saavuttua työmaalle, koska niiden varastoiminen vie paljon tilaa ja turhilta laattojen nosteluilta on hyvä välttyä. Työmaalla on oltava nosturi valmiina, kun laattakuorma saapuu. Ontelolaattojen asennukseen vaaditaan vähintään kaksi asentajaa laattojen molempiin päihin ja yksi kuorman purkaja sekä asennuksesta vastaava työnjohtaja. Laatat lastataan autoon tehtaalla asennusjärjestyksen mukaisesti lukuunottamatta pieniä ja lovettuja laattoja, jotka kuljetetaan kuorman päällä. Asennustyössä laattojen paikat, lisätuennat ja muut huomioon otettavat asiat selviävät tasopiirustuksesta. (PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat 2010b, 4–6.)

Toimituksen sisältö kannattaa varmistaa hyvissä ajoin, koska yleensä esimerkiksi nostoon tarvittavat liinat, sakset, puomit ja ketjut löytyvät ontelokuormasta tai nosturin kuljettajalta, mutta laattojen asennuspalat, lisätuennat ja piirustukset täytyy olla valmiina työmaalla. Asennusaikaiseen työturvallisuuteen on kiinnitettävä erityishuomiota, koska kyseessä on raskaan elementin nosto- ja asennustyö. Tarvittavat putoamissuojaukset ja henkilökohtaiset suojaruusteet on syytä olla käytössä. (PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat. 2010b, 4–6.)

5.3 Tarkasteltavat ontelolaatta-alapohjarakenteet

Ontelolaattarakenteita valittiin kolme eri tyyppiä. Yhdessä tarkasteltavista ratkaisuista lämmöneriste on alapuolella (AP 4) ja kahdessa muussa rakenteessa (AP 5 ja AP 6) eriste on yläpuolella. Alapuolinen eristäminen on huomattavasti työläämpää ja hitaampaa. Ontelolaattoja saa myös valmiiksi eristettynä, jolloin eristelevyt ovat kiinnitettynä laattojen ala- tai yläpintaan. Alapintaan valmiiksi kiinnitetty eriste helpottaa paljon myöhempää asennustyötä, kun laataston alla ei tarvitse liikkua levyjä asentamassa. Hyvän eristuksen saavuttamiseksi täytyvät lämmöneristyslevyt kuitenkin käydä vaahdottamassa saumakohdista.

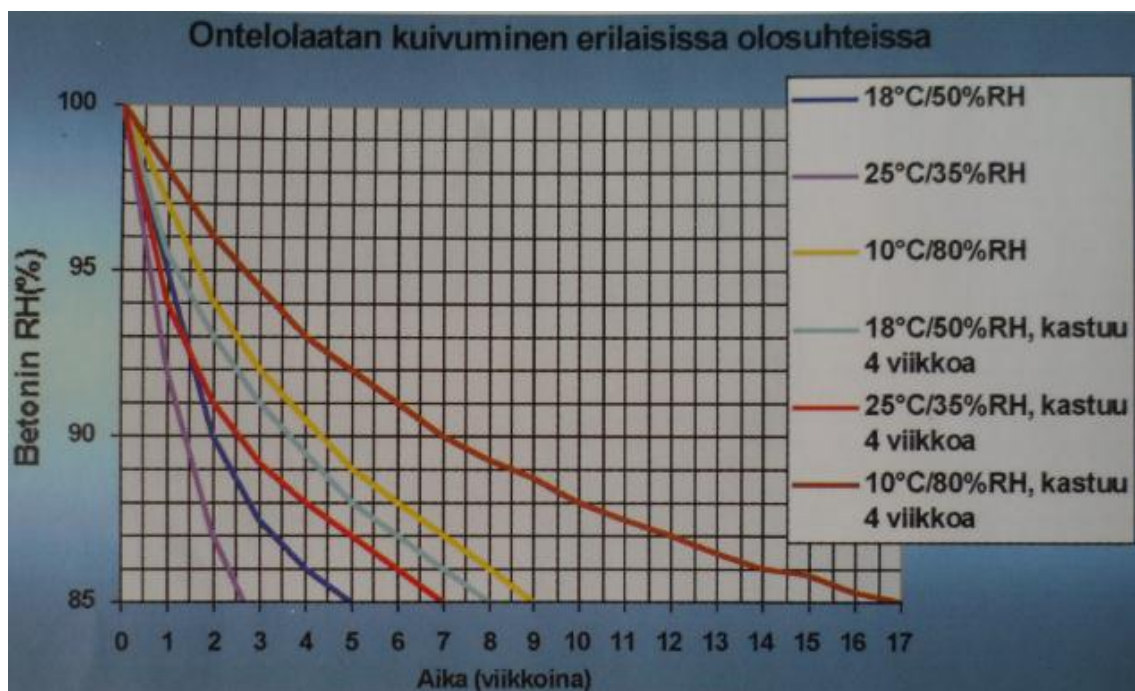
Yläpuolelta eristettäessä eristystyö on aivan samanlainen kuin maanvaraisessa betonilaatassa. Kantavien ontelolaattojen paksuudeksi valittiin 200 mm, joka on tyypillinen pientaloissa. Ontelolaattarakenteesta tulee helposti todella paksu, jopa yli 450 mm. Alapohjarakenteen paksuuden takia joudutaan sokkeli korottamaan samalle tasolle tai lisäämään ylimääräisiä hirsikerroksia, mikä ei ole kustannusten kannalta hyvä asia.

5.4 Kuivuminen ja kuivumisaika-arviot

Ontelolaatta kuivuu nopeammin kuin maanvarainen betonilaatta, koska ontelolaatta pääsee kuivumaan alas- ja ylöspäin. Lisäksi ontelolaatat valmistetaan hyvin alhaisella vesisementtisuhteella ($v/s=0,4-0,5$), koska betonin pitää olla lujuusluokaltaan korkeaa (esim. C50). Tämän takia ontelolaattojen valmistuksessa käytetään tiivistyslevyä betonipintojen tiivistämiseen. Ontelolaatan pintaan voidaan asentaa lattiatasoite tai pintabetonilaatta. Nyrkkisääntönä on, että 5 mm paksu tasoite aiheuttaa kuivumisaikaan noin viikon pidennyksen. Jos ta-

soitetta on 15 mm, kuivuminen venyy noin 3 viikolla. Ontelolaattojen vähäisen valmistusvesimäärän ansiosta itse laatussa oleva kosteus kuivuu hyvinkin nopeasti pois, mutta usein ontelolaattojen asennuksen jälkeen laatat seisovat useita päiviä ilman sadesuojaa ja pääsevät kastumaan. Tämä ympäristön vaikutuksesta johtuva kosteus onkin merkittävä kuivumisaikaa pidentävä lisä ontelolaattaratkaisussa. (Merikallio 2002, 48–53.)

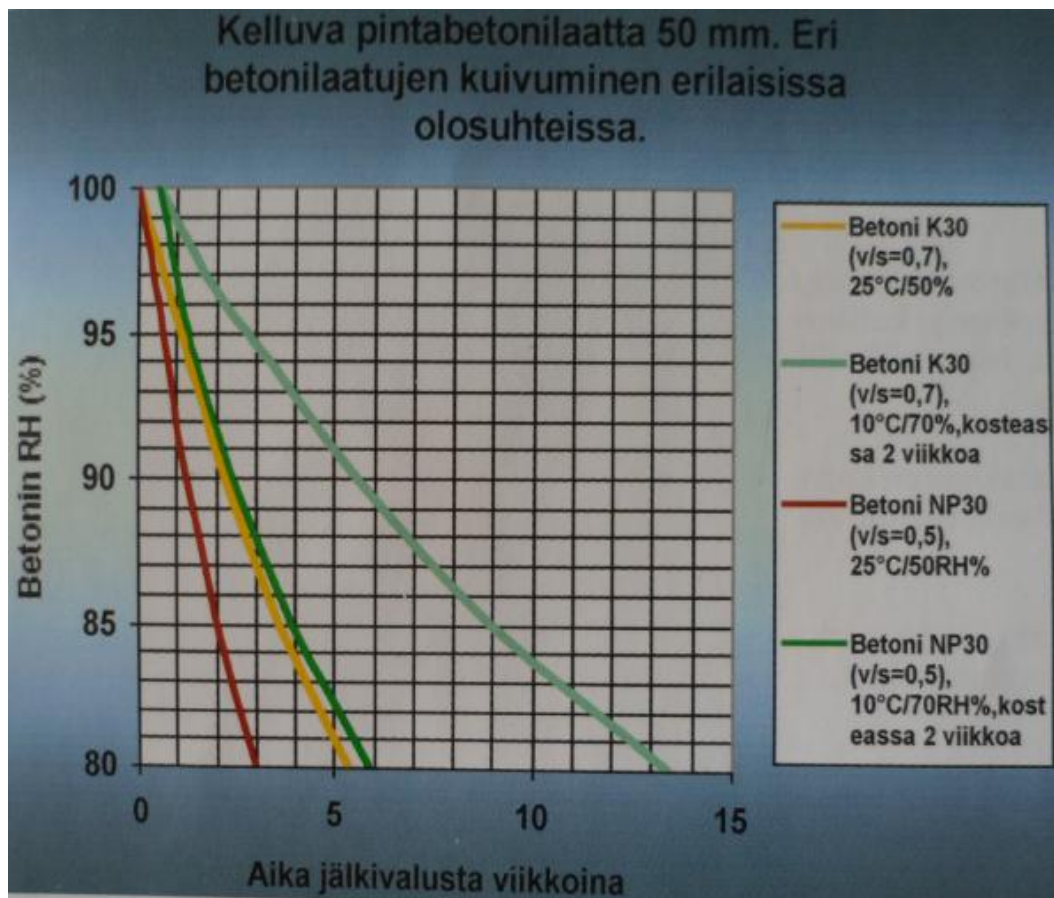
Ontelolaattojen kuivumisaikoja erilaisissa olosuhteissa on esitetty kuvassa 29. Käyristä nähdään, että hyvissä olosuhteissa kuivana pysynyt laatta kuivuu 5 viikossa. Jos tähän lisätään 20 mm paksu tasoite, kuivumisaika on noin 9 viikkoa. Ontelolaatoissa on melko vähän kosteutta itsessään, ja siksi vesisateessa seisovat laatat imevät kosteuden itseensä ja kuivuminen kestää jopa 17 viikkoa. Tällön laatat olisivat olleet kastuneena 4 viikkoa. (Merikallio 2002, 48.)



KUVA 29. Ontelolaatan kuivumiskäyriä (Merikallio 2002, 48.)

Kelluvassa rakenteessa pintalaatta kuivuu pääosin vain ylöspäin huonetilaan, koska yleensä eristeet eivät päästä lävitseen kosteutta. Kuivuminen arvioidaan erikseen molemmille laatoille, kun rakenteessa on kaksi erillistä betonikerrosta eli ontelolaatta ja pintalaatta. Tässä tapauksessa ontelolaatan tulisi kuivua alle 90 % suhteelliseen kosteuteen, että seuraavien kerrosten asennus voitaisiin vasta aloittaa. Pintalaatan kuivumiseen vaikuttaa ontelolaatan kosteus, väliker-

roksen (lämmön- tai ääneneriste) paksuus, kosteus ja kosteuden läpäisyominaisuudet sekä sisäpuoliset olosuhteet. (Merikallio 2002, 48–59.)



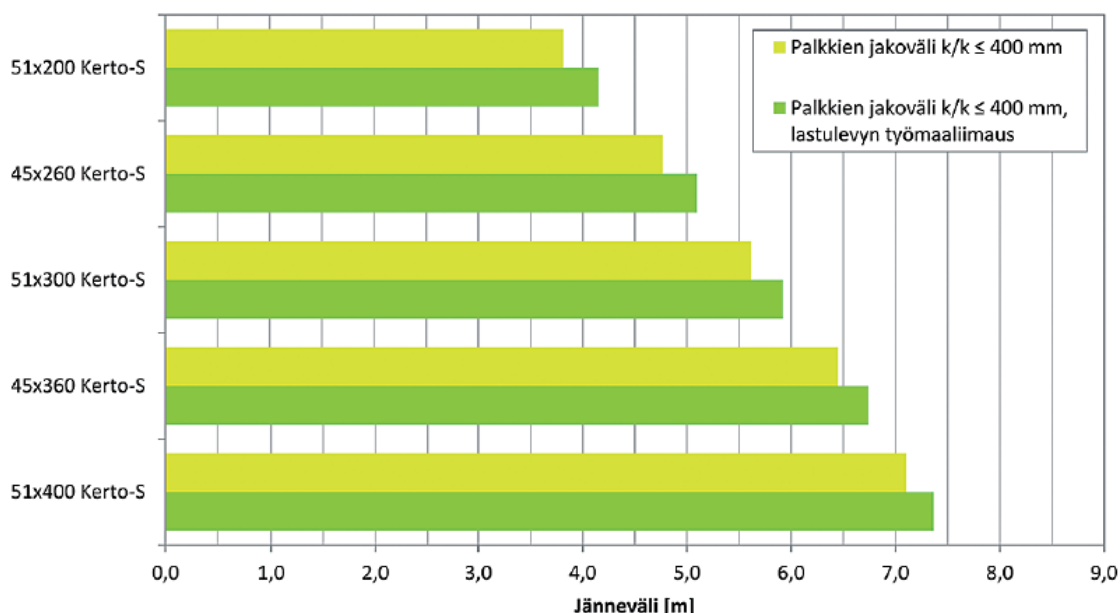
KUVA 30. Ontelolaatan ja kelluvan pintabetonin kuivumiskäyriä (Merikallio 2002, 57.)

6 PUUPALKISTO- JA PUURISTIKKORAKENTEET

Työn edetessä puurakenteisista ratkaisuista päädyttiin tarkastelemaan perinteinen puupalkistoratkaisu, Sepa Oy:n ristikkorakenteinen puubetoniliittolaatta ja MiTek Finland Oy:n posi-palkisto. Nämä ratkaisut olisivat mahdollisia sekä alatta välipohjaan.

6.1 Perinteinen puupalkisto

Puupalkiston huono puoli on kantavuus, ainakin verrattuna ontelolaattaan. Pelkillä puukannattimilla varustettu ala- tai välipohja vaatii välille kantavia linjoja tai palkkien koko kasvaa todella suureksi. Puurakenteisessa ratkaisussa ongelmaksi saattaa tulla myös rakenteen värähtely, mutta puun jäykkyyden ollessa hyvä värähtely ei ole ongelma. Värähtelyn takia palkkirakenne jäykistetään usein levyillä. Pitkiin jänneväleihin päästään esimerkiksi Metsäwoodin kerto-s palkilla, jonka välipohjan mitoitusaulukko on oheisessa kuvassa 31. Jos palkkeina käytetään tavanomaista höylättyä lankkua, kuten 41x195 mm, pitkiin jänneväleihin vaaditaan järeät alahaltijaparrut, joiden päälle rakentuu varsinainen puupalkisto. (Kerto kantaviin rakenteisiin. 2012, 3–6.)



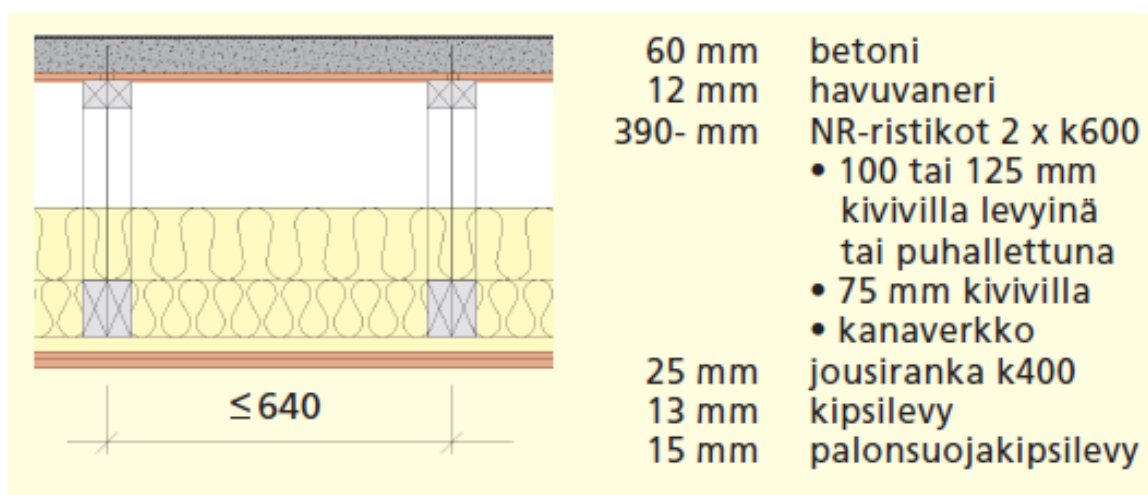
KUVA 31. Kerto-S -välipohjapalkin mitoitusaulukko (Kerto kantaviin rakenteisiin. 2012, 5)

Palkkiratkaisussa talotekniikka voidaan kuljettaa palkiston välissä, mutta koh-tisuoraan palkkeja vastaan edetessä palkistoa joudutaan poraamaan. Ennen kuin porauksia tehdään, pitää saada hyväksyntä rakennesuunnittelijalta. Tästä syystä ristikkorakenne pärjää vertailussa paremmin perinteistä palkistoa vas-taan. (Kerto kantaviin rakenteisiin. 2012, 3–6.)

Puurakenteinen alapohja sopii hyvin muuttovalmiiseen rakentamiseen, koska pitkiä betonin kuivumisaikoja ei ole. Lattialämmitys olisi järkevää toteuttaa esi-merkiksi kipsirakenteella, jotta betonipintalaatalta vältyttäisiin. Puukannattimien koko myös kasvaa betonin tuoman lisäpainon takia.

6.2 Sepa-puubetoniliittolaatta

Sepa Oy:n tuotteessa, puubetoniliittolaatassa, yhdistyvät puun keveys ja beto-nin jämäkyys. Yhdistämällä näitä rakenne toimii hyvin värähtelyä vastaan. Liit-torakenne käy erityisesti ala- tai välipohjaan. Sepa-puubetoniliittolaatan välipoh-jan rakenne on kuvattu rakenneleikkauksessa (kuva 32). Kantavana raken-teena on ristikkopalkit, joiden päälle tulee havuvaneri. Ristikkoja niputtamalla saadaan jämäkkyyttä ja pitempiä jännevälejä rakenteisiin. Vanerin päälle tulee teräsbetonilaatta, johon voidaan asentaa myös lattialämmitys. (Puubetoniliitto-laatta, 1–4.)



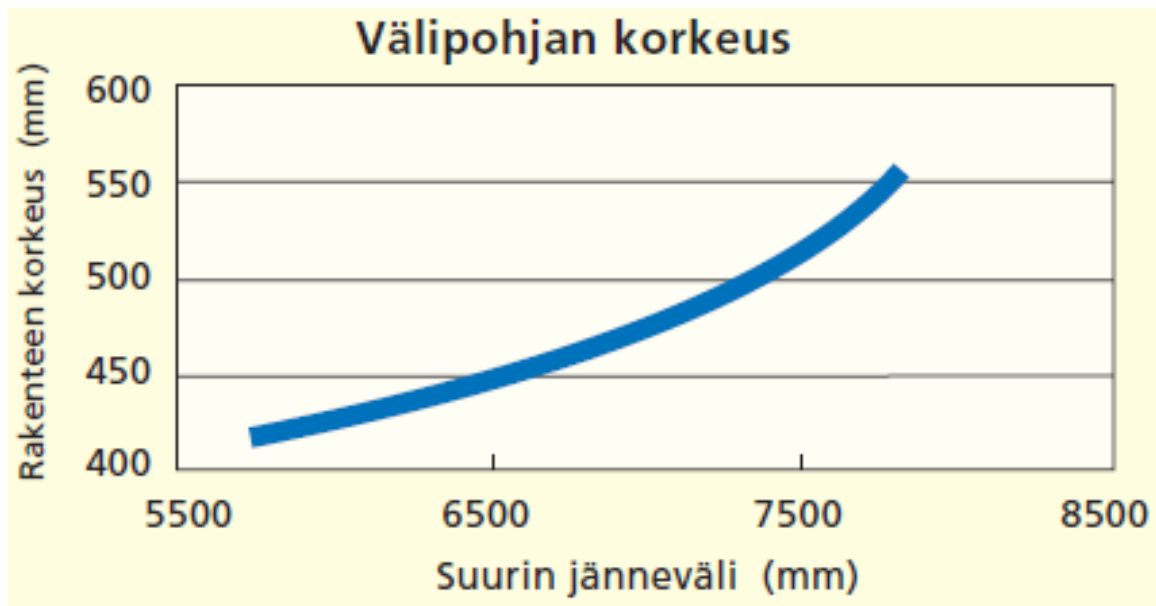
KUVA 32. Sepa-välipohjan rakenneleikkaus (Puubetoniliittolaatta, 3)

LVI- ja sähköputket voidaan asentaa ristikkopalkkien väliin ja niitä on helppo kuljettaa haluttuun suuntaan katkomatta ristikkoja (kuva 33). Kun ristikkojen väliin asennetaan talotekniikkaa paljon, lämmön- tai ääneneristeeksi sopii hyvin puhallettava eriste. (Puubetoniliittolaatta, 1–4.)



KUVA 33. Talotekniikkaa asennettuna Sepa-ristikkopalkkien sekaan (Puubetoniliittolaatta, 4)

Sepa-välipohjalaatalla päästään jopa yli 7 m:n jänneväliin, mutta rakenteen paksuus luonnollisesti kasvaa jo yli 500 mm:iin (kuva 34). Välipohjarakenteena 500 mm tuntuu jo todella paksulta ja se ”syö” rakennuksen korkeustilaa. Jännevälän pituus määräytyy kuormitusten perusteella, jolloin ratkaisevimmat asiat ovat rakenteen värähtely ja taipumamitoitus. Ristikkopalkki painaa korkeudesta riippuen noin 4–5 kg/m, ja kun palkkijako on 600 mm, esimerkiksi 7 m pitkä palkkiyhdistelmä painaa noin 70 kg. Yleensä kaikentyyppiset puurakenteet ja elementit ovat kevyitä ja niitä on helppo liikuttaa jopa ilman nosturia. Sepa Oy:n toimitussisältöön kuuluu ristikot ja niiden päälle asennettava vanerilevy. Pelkästään näille materiaaleille tulee neliöhinnaksi noin 50 €/m² (alv 0 %). (Puubetoniliittolaatta, 3–4; Toikko 2013.)



KUVA 34. Sepa-ristikon kantavuuskäyrä (Puubetoniliittolaatta, 3)

6.3 Posi-palkisto

Posi-palkkeja valmistaa Suomessa Mitek Finland Oy Karstulassa ja Riihimäellä sekä Valwood Oy Karstulassa. Posi-palkki koostuu massiivipuupalkeista ja teräs-sauvoista. Rakenne mahdollistaa talotekniikan kuljettamisen palkiston seassa (kuva 35). Palkit suunnitellaan valmiiksi oikeaan mittaan kohteen mukaisesti. Palkit suunnitellaan Eurokoodien mukaisten kuormien ja laskentamettelmien mukaan. Sunnittelun tekee Posi-palkkien valmistaja tai MiTek Finland Oy. Tarvittaessa palkeille ja lattiarakenteelle tehdään värähtelymitoitus. Valmispalkkien kiinnitys tapahtuu työmaalla valmiskiinnikkeiden avulla. (Posi-palkkiesite. 2011, 2–7.)



KUVA 35. Posi-palkisto (Galleria)

Kuvassa 36 on esitetty kahden erilaisen Posi-palkin asennusvälit, paarrejaot ja maksimijännevälit. Vasemmalla on palkkityyppi PS10N, jonka korkeus on 253 mm ja oikealla palkkityyppi PS12N, jonka korkeus on 304 mm. Posi-palkkien teräsosien ansiosta vain 304 mm korkealla palkilla päästään jo noin 7 m jänneväliin.

K-Jako	Paarreko			
	73	98	123	148
600	3800	3800	3800	3800
450	4500	4900	4900	4900
300	5200	5600	5900	6200
PS10N, Yksiaukkoisen palkin kantavuus, hyötykuorma 2.0 kN/m ² , lattiarakenteen omapaino 1.0 kN/m ² ja Alapuolisen rakenteen omapaino 0.25 kN/m ²				

K-Jako	Paarreko			
	73	98	123	148
600	4100	4400	4400	4700
450	5000	5600	5900	6000
300	5600	6200	6500	6700
PS12N, Yksiaukkoisen palkin kantavuus, hyötykuorma 2.0 kN/m ² , lattiarakenteen omapaino 1.0 kN/m ² ja Alapuolisen rakenteen omapaino 0.25 kN/m ²				

KUVA 36. Posi-palkkien mitoitusaulukko (Posi-palkkiesite. 2011, 5)

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli muuttovalmiin omakotitalon perustus-, alapohja-, välipohja- ja yläpohjarakenteiden vertailu ja valinta. Vertailu ja valinnat tehtiin laskettujen kustannusten, logististen asioiden ja asentamisen nopeuden sekä yksinkertaisuuden perusteella. Jokaisesta rakenteesta piirrettiin rakenneleikkauskuva ja laskettiin neliöhinnat sekä U-arvo.

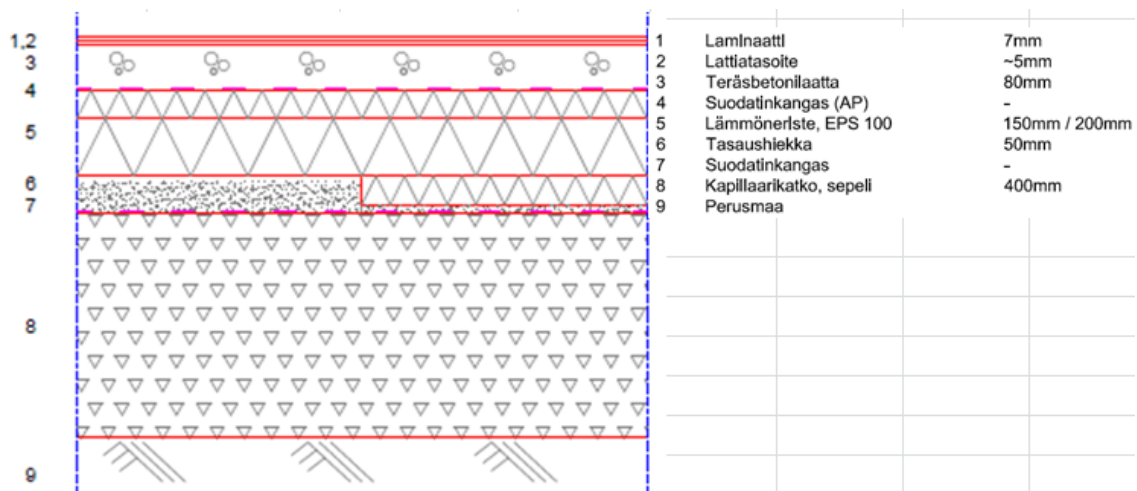
Insinööritöön aloituspalaverissa tarkastelun kohteeksi valittiin erityyppisiä rakenteita perustuksista, ala-, väli- ja yläpohjista. Nopeasti kuitenkin todettiin, että työstä tulee todella laaja, jos tarkastellaan kaikkia näitä rakenteita. Työn edetessä päätettiin jättää tarkastelusta pois ylä- ja välipohja. Samantyyppisiin rakenteisiin pyrittiin valitsemaan samanlaiset materiaalit, jotta rakenteiden vertailukelpoisuus säilyisi.

Työtä tehtäessä ilmeni, että sokkeli- ja alapohjaelementtien juoksumetrihintoja on todella vaikea saada valmistajilta, koska lähes kaikki valmistajat vaativat kohteen kuvia, vähintään pohjaluonnoksia, voidakseen laskea elementeille järkeviä neliö- ja juoksumetrihintoja. Jotkut valmistajat vastasivat hintakyselyihin ja suuntaa antavia hintoja elementeille saatiin. Tarkempien hintojen saamiseksi olisi ollut järkevää tehdä tarkastelua olemassa olevaan tai todelliseen rakennettavaan kohteeseen, josta on valmiit piirustukset ja joilla olisi voitu pyytää tarjouksia perustuksista ja erityyppisistä elementeistä. Tämä olisi täsmentänyt paljon elementeillä toteutettujen rakenteiden hintoja. Toisaalta tarkastelun tarkoitus ei ollut pelkästään rakenteiden hintavertailu, vaan myös esimerkiksi kuljetuksen ja toteutuksen vertailu.

Perustustarkastelun perusteella voidaan todeta, että perustusratkaisuista järkevin on harkkoperustus, koska toteutus ei vaadi isoja autonostimia, logistiset asiat eivät ole ongelma ja lisäksi harkkototeutus on edullista. Harkkojen käsittely on helppoa ja nostokalustoa ei tarvita kuten elementeillä tehtäessä. Harkkoilla muuraten perustuksen teko vie enemmän aikaa kuin elementeillä toteutettuna, mutta elementtiperustaminen on useille asentajista tuntematonta, joten ensimmäiset elementtiperustukset vaatisivat aluksi opettelua ja huolellista ohjeistusta sekä valvontaa. Elementtiperustus sopii paremmin suuriin kohteisiin tai kohteisiin.

siin, joihin rakennetaan useita samantyyppisiä rakennuksia. Silloin elementillä saadaan suurempi hyöty toistuvan asennusvaiheen kautta. Vapaa-ajan rakentamiseen ei perustuselementointia kannata sovittaa, koska rakennukset ovat niin pieniä, että suurta hyötyä elementoinnilla ei saavuteta. Sokkelielementtien asennus onnistuisi myös hirsinostureilla, koska ne ovat varsin kevyitä lukuun ottamatta ontelolaattaelementtiä.

Alapohjatarkastelun perusteella voidaan todeta, että alapohja kannattaa tehdä maanvaraisella teräsbetonilaatalla (kuva 37) tai ontelolaattaratkaisulla rakentamapaikan mukaan. Maanvarainen laatta sopii vapaa-ajan rakentamiseen, kun kulkutiet ovat haasteelliset ja raskaiden elementtikuljetusten pääsy tontille on mahdotonta. Betoniksi tulisi valita nopeasti kuivuva betonityyppi, jotta sisätyöt eivät viivästy kuivumisen takia.



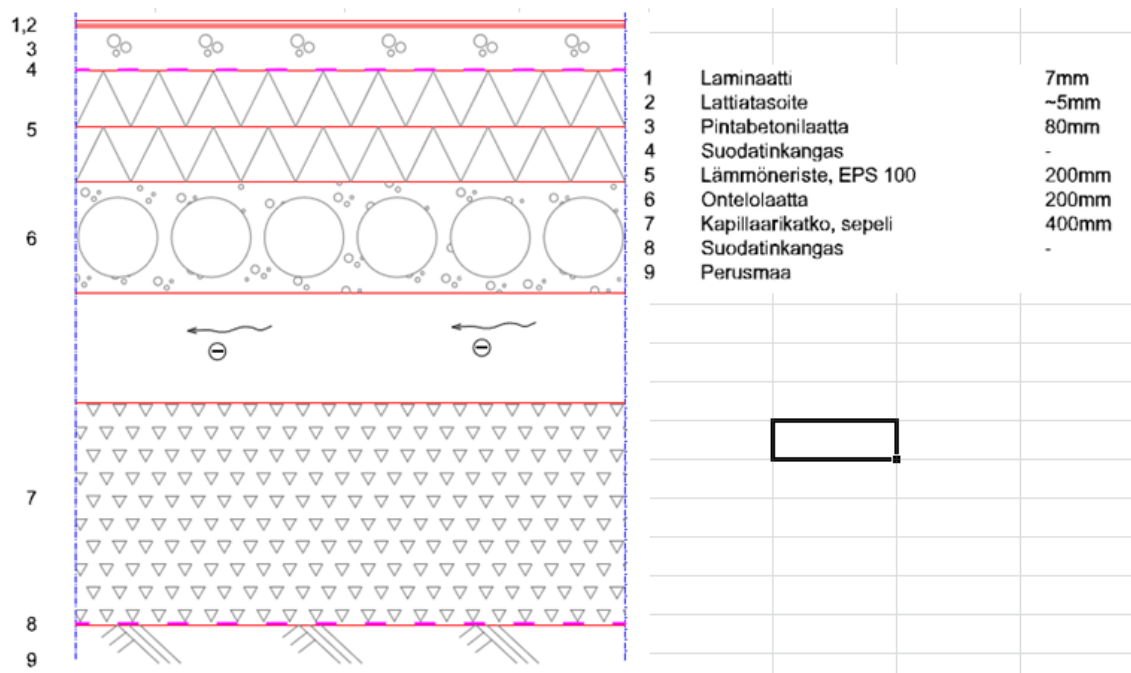
KUVA 37. Maanvarainen teräsbetonilaatta

Maanvarainen laatta on myös hinnaltaan edullisin vertailtavista alapohjarakenteista (taulukko 10).

TAULUKKO 10. Maanvaraisen alapohjan kustannukset ja U-arvo

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 3 keski	PUR, SPU AL	80	0,16	0,59	70,47	18,88	89,35
AP 3 reuna	PUR, SPU AL	130	0,15				

Ontelolaattarakenne (kuva 38) sopii hyvin omakotitalon alapohjaksi, kunhan tonttitiet sallivat kuljetuksen. Alapohjassa betonilla on puuta paremmat ominaisuudet taistella kosteutta vastaan. Eristeenä kannattaa käyttää hyviä eristeitä, jolloin rakenteen paksuudet ovat pienempiä hinnan pysyessä kuitenkin melkein samana.



KUVA 38. Ontelolaatta-alapohja

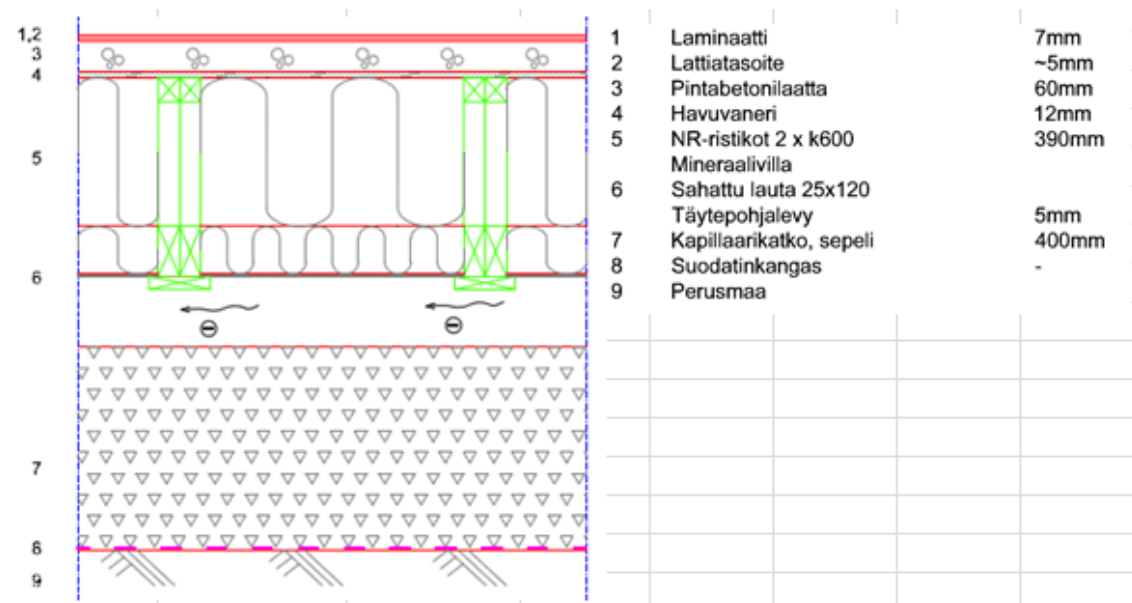
Ontelolaatta-alapohjan neliöhinta nousee reiluun sataan euroon neliöltä (taulukko 11). Hintaan vaikuttaa eniten ontelolaatan hinta. Ontelolaatta on kuitenkin paljon käytetty rakennuselementti, jonka valmistus- ja toimitushinnat ovat hyvin kilpailutettuja.

TAULUKKO 11. Ontelolaatta-alapohjan kustannukset ja U-arvo

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 5	EPS 100 Lattia	200	0,16	0,82	110,14	28,00	138,86

Jos alapohja tehtäisiin puurakenteisena (kuva 39), elementointi olisi mahdollista ja suositeltavaa, mutta puurakenteisia alapohjaelementtien valmistajia ei ole vielä markkinoilla kovin paljon. Elementtien hinnat ovat vähäisen kilpailun takia korkeat. Yksi järkevä ratkaisu voisi olla puurakenteisen alapohjaelementtien tekeminen itse omalla tehtaalla, jolloin hintataso saataisiin painettua minimiin.

Pieniin vapaa-ajan rakennuksiin puuelementointi itse tehtynä pitäisi tutkia tarkemmin.



KUVA 39. Tuulettuva puurakenteinen alapohja

Puurakenteisen alapohjan neliöhinta on suuri (taulukko 12) ja toteutus on hitaampaa kuin ontelolaatalla tai maanvaraisella betonilaatalla.

TAULUKKO 12. Puurakenteisen alapohjan kustannukset ja U-arvo

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 9	mineraalivilla	390	0,10	1,08	134,11	36,32	170,43

Välipohja kannattaa toteuttaa puukannattimilla, koska betonin käyttö välipohjassa hidastaa sisätöiden jatkumista. Talotekniikan kuljetus puurakenteisessa välipohjassa on helppoa, kun kannattimet ovat ristikkomallisia. Ristikkorakenteisen välipohjan neliöhinnat ovat kuitenkin suuria verrattuna tavalliseen puupalkistoon. Betonivälipohjan ja hirsiseinän liitos on myös haastava toteuttaa, kun puulla liitoksen toteutus on huomattavasti helpompaa.

Muuttovalmista rakentamista ajatellen olisi järkevää vakioda perustukset, ala-, väli- ja yläpohja samanlaisiksi ja suunnitella yhdet toimivat detaljipiirrokset. Vapaa-ajan rakennukseen vaikeiden kulkuyhteyksien päähän perustuksen ja alapohjan toteutus tehtäisiin aina valettavalla jatkuvalla anturalla, harkkoperustuksella ja maanvaraisella teräsbetonilaatalla. Mahdollisten nopeasti kovettuvien

betonilaatujen ominaisuudet, hinnat ja saatavuudet selvitettäisiin ja pyritäisiin käyttämään näitä betonilaatuja kuivumisaikojen pienentämiseksi. Välipohja tehtäisiin ristikkotyypisellä välipohjapalkilla, jolloin tekniikan kuljetus ja asennus välipohjaan olisi helppoa. Jos rakennuksen sijainti pakottaa valitsemaan pilari-perustuksen, pilarit muurataan harkoilla, ja silloin alapohjan kantavana rakenteena toimisi sama palkisto kuin välipohjassa. Omakotitalorakentamiseen vakioidaan yksi perustustyyppi ja yksi alapohjatyyppe. Perustuksena käytetään sokkelielementtiä, esimerkiksi Parman ontelolaattaelementtiä ja alapohjana ontelolaattaa. Näillä saadaan hyvin nopeasti rakentaminen vauhtiin.

Yhtenä mahdollisuutena pitäisi tutkia etukäteen valettavan alapohjalaatan kannattavuus. Silloin laatta saisi kuivumisaikaa enemmän. Huonoja puoliakin on: valmiiksi valettu laatta pitää suojata hyvin sääräsuojuksilta, kaikki tuleva tekniikka tulee olla asennettuna valmiiksi laattaan ja silloin ne ovat hirsien asennuksen tiellä.

LÄHTEET

Ajoneuvonosturit. Pekkaniska.com. Saatavissa:

<http://www.pekkaniska.com/fi/fi/tuotteet-ja-palvelut/ajoneuvonosturit.html>. Hakupäivä: 14.2.2013.

Autobetonipumput. Rudus.fi. Saatavissa:

<http://www.rudus.fi/tuotteet/betonit/kuljetus-ja-pumppaus/autobetonipumput>. Hakupäivä 10.1.2013.

Betonirakenteinen lattia. Wehofloor.fi. Saatavissa:

http://www.wehofloor.fi/Fi/Tekniset_tiedot/Lattiarakenteet/Betonilattia. Hakupäivä 21.2.2013.

Galleria. Posi-palkki.fi. Saatavissa: <http://www.posi-palkki.fi/Galleria.aspx>. Hakupäivä 27.2.2013.

Eistä oikein. Perustusten ja alapohjien eristysopas. Thermisol. Saatavissa:

http://www.thermisol.fi/assets/files/Eriste_Esitteet/Erista-oikein-esite.pdf. Hakupäivä 23.1.2013.

Jalonen, Jouko 2013. Hirsitaloasentaja, Jouko Jalonen Ky. Puhelinhaastattelu 31.1.2013.

Kevytsoraharkkoperustusten suunniteluohje. 2005. Saatavissa:

https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&vve=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.harkkokivitalo.fi%2FDownload%2F25802%2Fkevytsoraperustusten%2520suunnitteluohje_06.pdf&ei=UjsbUarYIUjs4ASxuYDYCQ&usg=AFQjCNGJzSRer5wHjXswkyHwZJHKrAOTWg&sig2=9T-n_IcjQSWZiTTRb0ejcg. Hakupäivä 13.2.2013.

Kerto kantaviin rakenteisiin. 2012. Metsäwood.fi. Saatavissa:

http://www.metsawood.fi/tuotteet/kerto/Documents/MW_Kerto_FI_lowres.pdf. Hakupäivä 25.2.2013.

Koski, Hannu – Koskenvesa, Anssi – Mäki, Tarja – Kivimäki, Christian 2010.

Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kuvia talon pystytyksestä. 2005. Arton ja Tuulian raksasivut. Saatavissa:
<http://www.kase.fi/~artola/rakennus/pystytys.htm>. Hakupäivä 4.2.2013.

Liebherr LTM 1040-2.1 -esite. Pekkaniska.com. Saatavissa:
http://media.pekkaniska.com/pdf/crane/pekkaniska_mobile_cranes_liebherr_ltm_1040-21.pdf. Hakupäivä 14.2.2013.

Lindberg, Rita – Koskenvesa, Anssi – Sahlstedt, Satu 2012. Aikataulukirja 2013. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Luja- ontelo- ja kuorilaatat suunnitteluohje. 2007. Saatavissa:
http://www.lujabetoni.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/luja/embeds/lujabet_lujabetoniwwwst/17554_luja-ontelo-ja_kuorilaatat_suunnitteluohje.pdf. Hakupäivä 25.1.2013.

Merikallio, Tarja 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Jyväskylä: Suomen Betonitieto Oy.

Merikallio, Tarja 2009. Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. Helsinki: Teknillinen korkeakoulu, Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. Väitöskirja.

Nopeammin päällystettävä (NP) lattiabetoni. 2009. Käyttöohje. Saatavissa:
<http://www.rudus.fi/aineistot/esitteet/betoniesitteet>. Hakupäivä 22.2.2013.

Paalut. Elementtisuunnittelu.fi. Saatavissa:
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/perustukset-ja-vaestonsuojat/paalut>. Hakupäivä 4.2.2013.

Palolahti, Tuomas – Mäki, Tarja 2010. Harkkokäsikirja. Kevytsoraharkot ja betoniharkot. Betoniteollisuus ry. Saatavissa:
http://www.harkkokivitalo.fi/harkkokirja/files/valmisharkkokirja_2010.pdf. Hakupäivä 13.2.2013.

Palolahti, Tuomas 2011. Pienrakentajan betoniopas. Helsinki: Betoniteollisuus Ry.

Palolahti, Tuomas – Kivimäki, Christian – Lindberg, Rita 2012. Rakennusosien kustannuksia 2012. Helsinki: Rakennustieto Oy.

ParmaParel-ontelolaatat 2003. Asennusohje. Saatavissa:

http://www.parma.fi/images/files/downloads/Asennus_ja_tyomaaohje.pdf. Hakupäivä 22.2.2013.

PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat. 2010a. Suunniteluohje. Saatavissa:

http://www.parma.fi/images/files/publications/PARMAperustukset_suunnohje_FSI_3.pdf. Hakupäivä 18.2.2013.

PARMAperustukset: ontelosokkeli ja PARMAontelolaatat. 2010b. Asennus- ja työmaaohje. Saatavissa:

http://www.parma.fi/images/files/downloads/PARMAperustukset_ao.pdf. Hakupäivä 18.2.2013.

Perustuselementit. Aulislundell.fi. Saatavissa:

<http://www.aulislundell.fi/tuotteet/perustukset/perustukset>. Hakupäivä 4.2.2013.

Pienimäki, Harri 2013. Hirsien kuljetuksista. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: mapehei@gmail.com. 18.2.2013.

Pientalon perustus. Aulislundell.fi. Saatavissa:

<http://www.aulislundell.fi/picture/34967/Perustus%20sokkeliasennus.jpg?Width=700&Height=700>. Hakupäivä 4.2.2013.

Posi-palkkiesite. 2011. Posi-palkki.fi. Saatavissa: <http://www.posi-palkki.fi/Download.aspx>. Hakupäivä 13.1.2013.

Puubetoniliittolaatta. Sepa Oy. Saatavissa:

http://www.sepa.fi/uploads/pdf/sepa_puubetoni_esite_www.pdf. Hakupäivä 13.2.2013.

Puurakenteinen lattia. Wehofloor.fi. Saatavissa:

http://www.wehofloor.fi/Fi/Tekniset_tiedot/Lattiarakenteet/Puurakenteinen_lattia. Hakupäivä 21.2.2013.

Rahikainen, Mari 2013. Aurelia lattialämmitys. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: mapehei@gmail.com. 9.1.2013.

Rakenna kotisi Ruukin teräspaalujen varaan. 2012. Ruukki Oy. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Infra/Teraspaalut%20esitteet%20ja%20ohjeet/Ruukki-Rakenna-kotisi-Ruukin-ter%C3%A4spaalujen-varaan.pdf> . Hakupäivä 24.1.2013.

Rakennusten energiatehokkuus. 2011. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf. Hakupäivä 28.11.2012.

RT 81-10486. 1992. Pientalon perustamistavan valinta. Rakennustieto Oy. Saatavissa: www.rakennustieto.fi. Hakupäivä 28.11.2012.

RT 36-10690. 1999. EPS-Eristeet. Lämmöneristystarvikkeet. Rakennustieto Oy. Saatavissa: www.rakennustieto.fi. Hakupäivä 10.1.2013.

RT 37871. 2000. Finnfoam-lämmöneristeet - Finnfoam Oy. Rakennustieto Oy. Saatavissa: www.rakennustieto.fi. Hakupäivä 10.1.2013.

RT 38303. 2012. Pientalon perustus – LunaPRESS -sokkelielementti – LunaEXPRESS -alapohjaelementti. Rakennustieto Oy. Saatavissa: www.rakennustieto.fi. Hakupäivä 4.2.2013.

RT 52-10801. 2003. Vesikiertoinen lattialämmitys. Rakennustieto Oy. Saatavissa: www.rakennustieto.fi. Hakupäivä 18.2.2013.

RR-teräasperustus. Ruukki.fi. Saatavissa: http://www.asuntotieto.com/20000i_RAKENNUS_JA_REMONTTITieto/menetmenet/images/RR_terasper.pdf. Hakupäivä 8.2.2013.

Sokkelielementit. Elementtisuunnittelu.fi. Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/perustukset-ja-vaestonsuojat/sokkelielementit>. Hakupäivä 4.2.2013.

Talopakettin toimitussisältö. Pientaloteollisuus.fi. Saatavissa:

http://www.pientaloteollisuus.fi/fin/tietoa_pientaloista/toimitussisalto. Hakupäivä 8.1.2013.

Tasoitelattia. Wehofloor.fi. Saatavissa:

http://www.wehofloor.fi/Fi/Tekniset_tiedot/Lattiarakenteet/Tasoitelattia. Hakupäivä 21.2.2013.

Tietoa helpposta ja tehokkaasta eristämisestä. 2010. Yleisesite. SPU-eristeet.

Saatavissa: http://www.spu.fi/files/spu/esitteet/SPU_yleisesite_2010.pdf. Hakupäivä 11.1.2013.

Toikko, Mika 2013. VS: sepa-laatta. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: mapehei@gmail.com. 26.2.2013.

Tompuri, Vesa 2013. NK-betoni puolittaa kuivumisajan. Rakennuslehti 21.3.2013. S. 12.

Uotila, Tiina 2013. VS: sokkelielementti. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: mapehei@gmail.com. 18.2.2013.

Upofloor lattian- ja seinänpäälysteiden suunnittelu- ja kiinnitysohjeet. 2006. Saatavissa:

http://www.upofloor.fi/upofloor_fi/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=35282&name=file. Hakupäivä 24.1.2013.

Wikipedia. 2010. Vapaa tietosanakirja. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki>.

Hakupäivä 14.2.2013.

LIITTEET

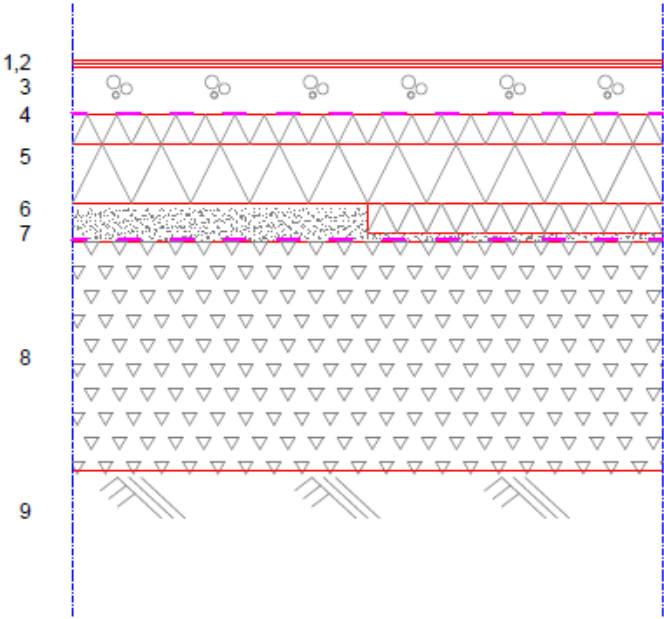
Liite 1 Rakenneleikkaukset

Liite 2 Rakenteiden U-arvot

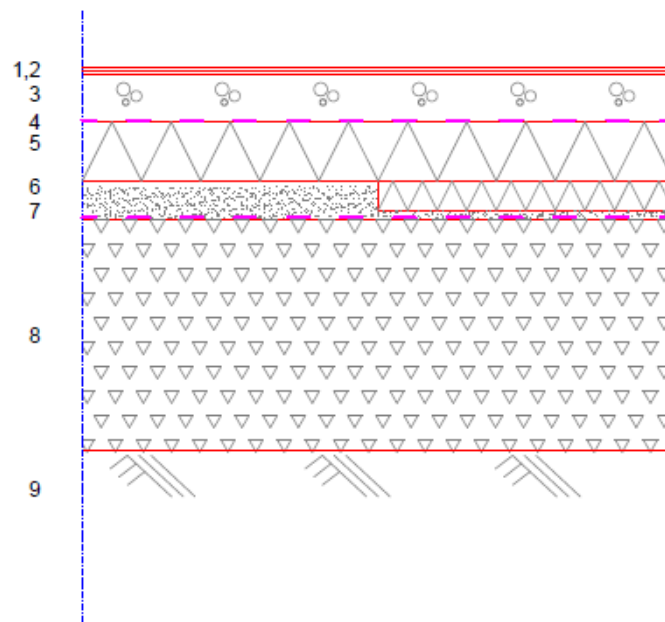
Liite 3 Rakenteiden neliökustannukset

Liite 4 Rakenteiden kustannukset, yhteenveto

Liite 5 Rakenteiden kustannukset ja muut ominaisuudet, yhteenveto

Rakennuskohde		Sisältö	
Opinnäytteen tie 1 Oulu		Maanvarainen teräsbetonilaatta	
Suunnittelija		Pvm	Mittakaava
Matias Heinonen		8.1.2013	1:10
Oulu		Muutos pvm	Tunnus
		-	AP 1
LIITE 1/1			
			
1	Laminaatti	7mm	
2	Lattiatasoite	~5mm	
3	Teräsbetonilaatta	80mm	
4	Suodatinkangas (AP)	-	
5	Lämmöneriste, EPS 100	150mm / 200mm	
6	Tasaushiekka	50mm	
7	Suodatinkangas	-	
8	Kapillaarikatko, sepeli	400mm	
9	Perusmaa		
U-arvot	reuna-alue	0,15 W/m ² K (200 mm)	
	sisäalue	0,15 W/m ² K (150 mm)	

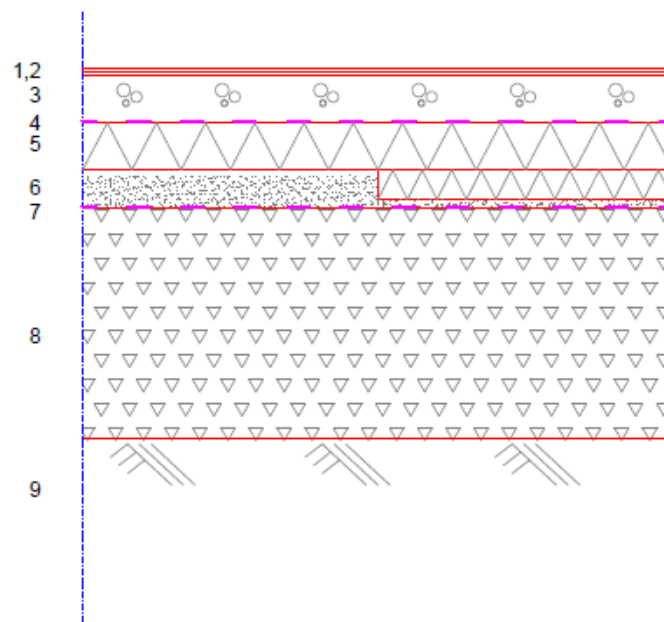
Rakennuskohde Opinnäytteen tie 1 Oulu	Sisäilma Maanvarainen teräsbetonilaatta		
Suunnittelija Matias Heinonen Oulu	Pvm 8.1.2013	Mittakaava 1:10	LIITE 1/2
	Muutos pvm -	Tunnus AP 2	



1	Laminaatti	7mm
2	Lattiatasoite	~5mm
3	Teräsbetonilaatta	80mm
4	Suodatinkangas (AP)	-
5	Lämmöneriste, XPS, Finnfoam	100mm / 150mm
6	Tasaushiekka	50mm
7	Suodatinkangas	-
8	Kapillaarikatko, sepeli	400mm
9	Perusmaa	

U-arvot	reuna-alue	0,15 W/m ² K (150 mm)
	sisäalue	0,16 W/m ² K (100 mm)

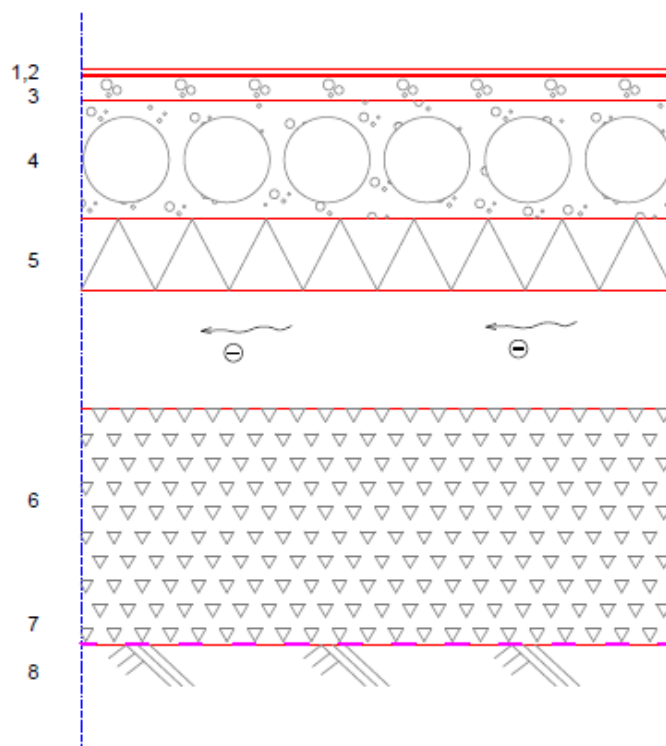
Rakennuskohde	Sisätilä		
Opinnäyttteentie 1 Oulu	Maanvarainen teräsbetonilaatta		
Suunnittelija	Pvm	Mittakaava	LIITE 1/3
	23.1.2013	1:10	
Matias Heinonen Oulu	Muutos pvm	Tunnus	
	-	AP 3	



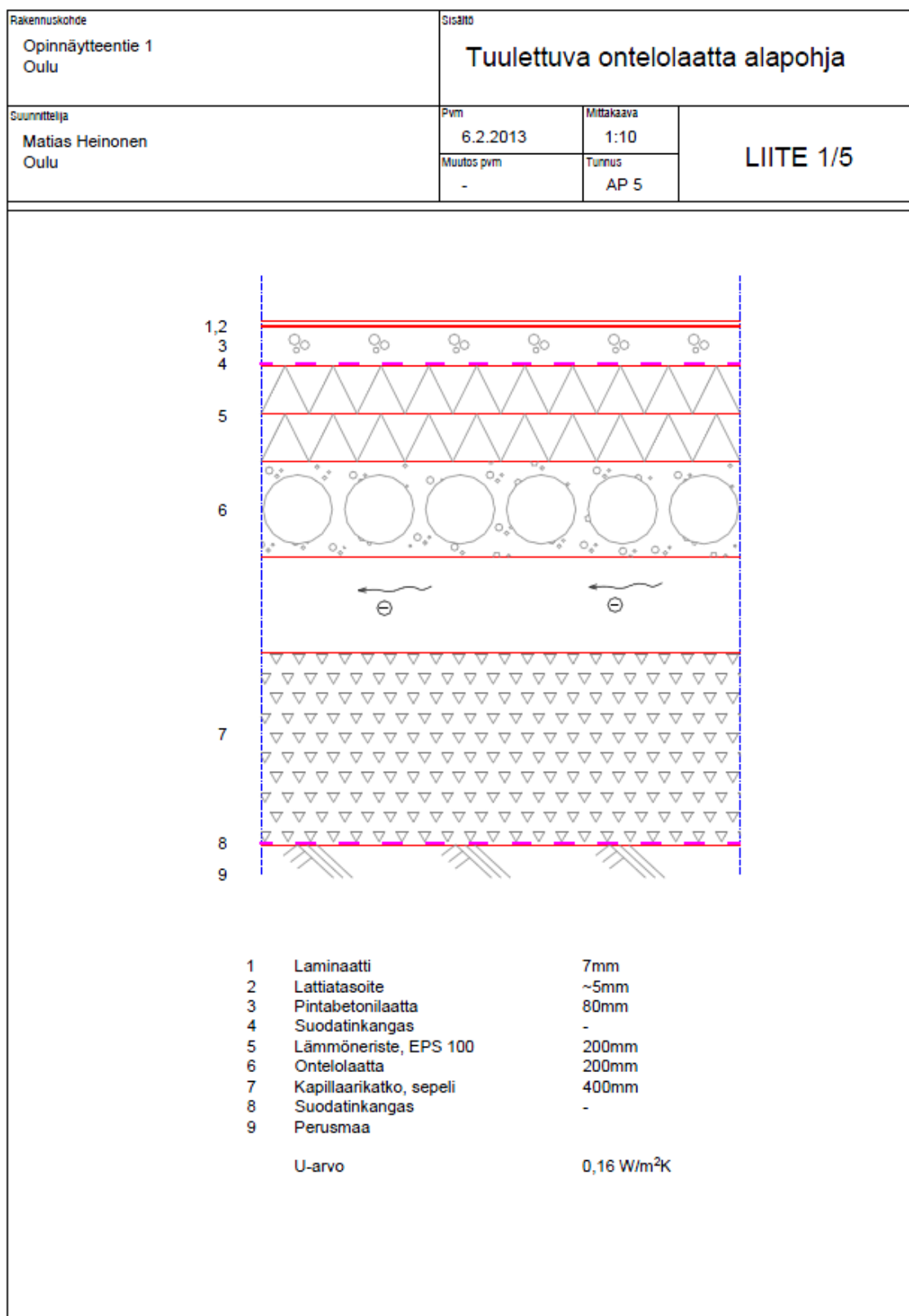
1	Laminaatti	7mm
2	Lattiatasoite	~5mm
3	Teräsbetonilaatta	80mm
4	Suodatinkangas (AP)	-
5	Lämmöneriste, PUR, SPU AL	80mm / 130mm
6	Tasaushiekka	50mm
7	Suodatinkangas	-
8	Kapillaarikatko, sepeli	400mm
9	Perusmaa	

U-arvot	reuna-alue	0,15 W/m ² K (130 mm)
	sisäalue	0,16 W/m ² K (80 mm)

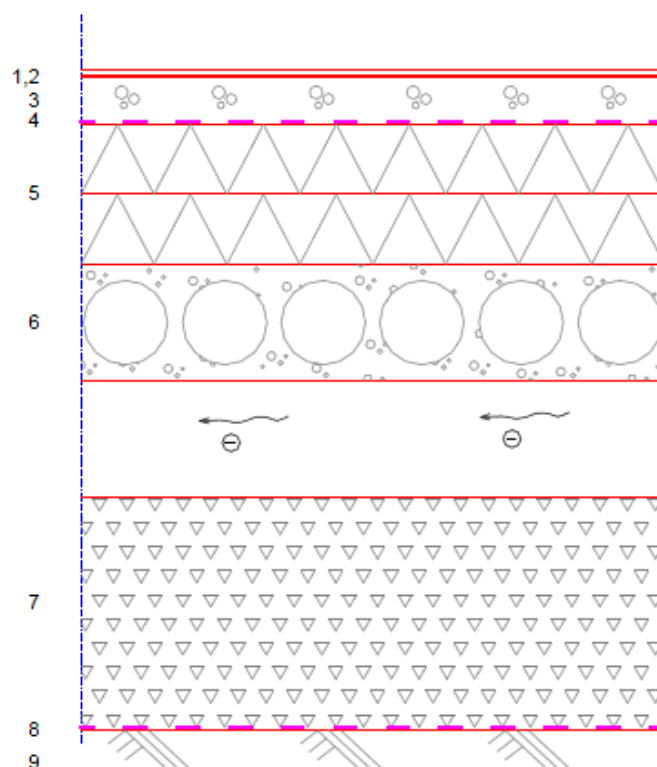
Rakennuskohde Opinnäytteen tie 1 Oulu	Sisältö Tuulettuva ontelolaatta alapohja		
Suunnittelija Matias Heinonen Oulu	Pvm 6.2.2013	Mittakaava 1:10	LIITE 1/4
	Muutos pvm -	Tunnus AP 4	



1	Laminaatti	7mm
2	Lattiatasoite	~5mm
3	Pintabetonilaatta	40mm
4	Ontelolaatta	200mm
5	Lämmöneriste, PUR, SPU AL	120mm
6	Kapillaarikatko, sepeli	400mm
7	Suodatinkangas	-
8	Perusmaa	-
U-arvo		0,17 W/m ² K

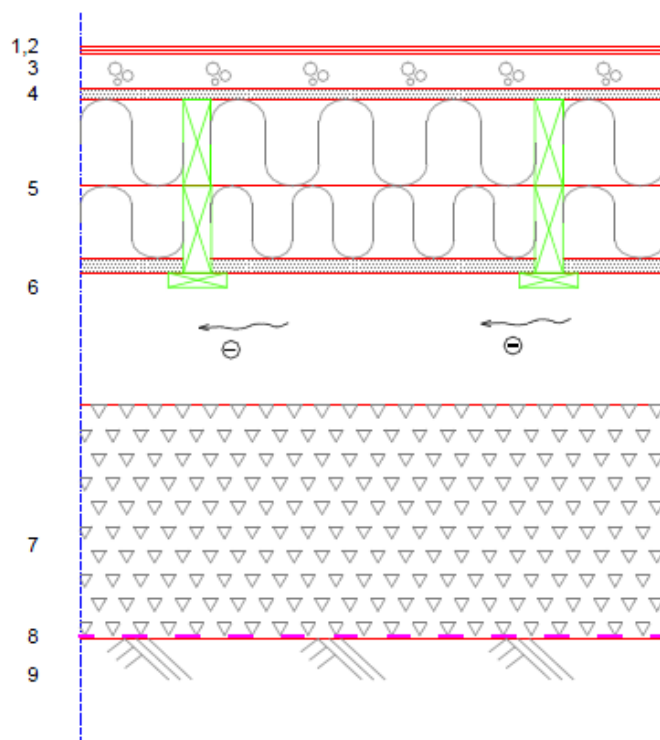


Rakennuskohde Opinnäytteen tie 1 Oulu	Sisältö Tuulettuva ontelolaatta alapohja		
Suunnittelija Matias Heinonen Oulu	Pvm 6.2.2013	Mittakaava 1:10	LIITE 1/6
	Muutos pvm -	Tunnus AP 6	



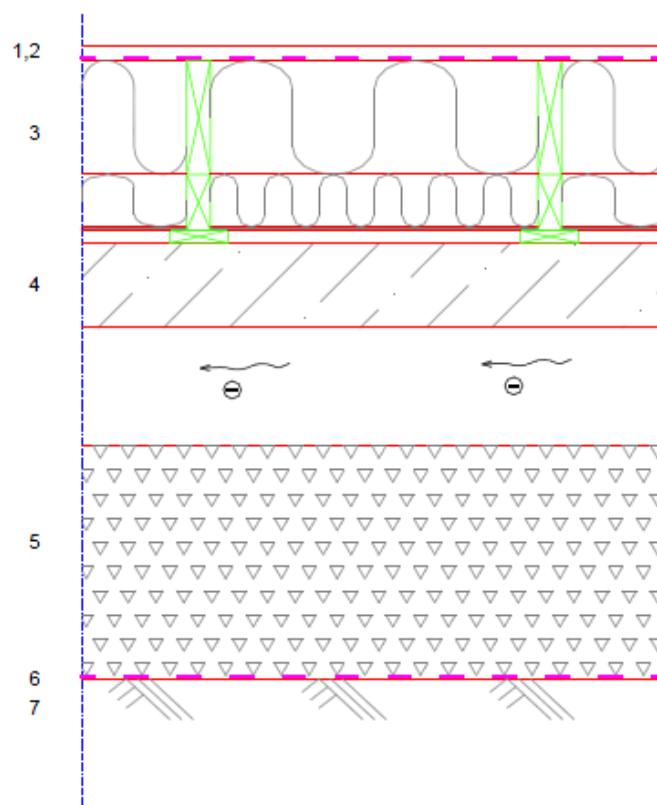
1	Laminaatti	7mm
2	Lattiatasoite	~5mm
3	Pintabetonilaatta	80mm
4	Suodatinkangas	-
5	Lämmöneriste, PUR, SPU AL	240mm
6	Ontelolaatta	200mm
7	Kapillaarikatko, sepeli	400mm
8	Suodatinkangas	-
9	Perusmaa	
U-arvo		0,09 W/m ² K

Rakennuskohde Opinnäytteentie 1 Oulu	Sisältö Tuulettuva puupalkisto alapohja		
Suunnittelija Matias Heinonen Oulu	Pvm 7.2.2013	Mittakaava 1:10	LIITE 1/7
	Muutos pvm -	Tunnus AP 7	



1	Laminaatti	7mm
2	Lattiatasoite	~5mm
3	Pintabetonilaatta	60mm
4	Vanerilevy	18mm
5	Puupalkisto 48x(148+148), puukuitulevy 25mm, Lämmöneriste	296mm 275mm
6	Sahattu lauta 25x100	
7	Kapillaarikatko, sepeli	400mm
8	Suodatinkangas	-
9	Perusmaa	
U-arvo		0,14 W/m ² K

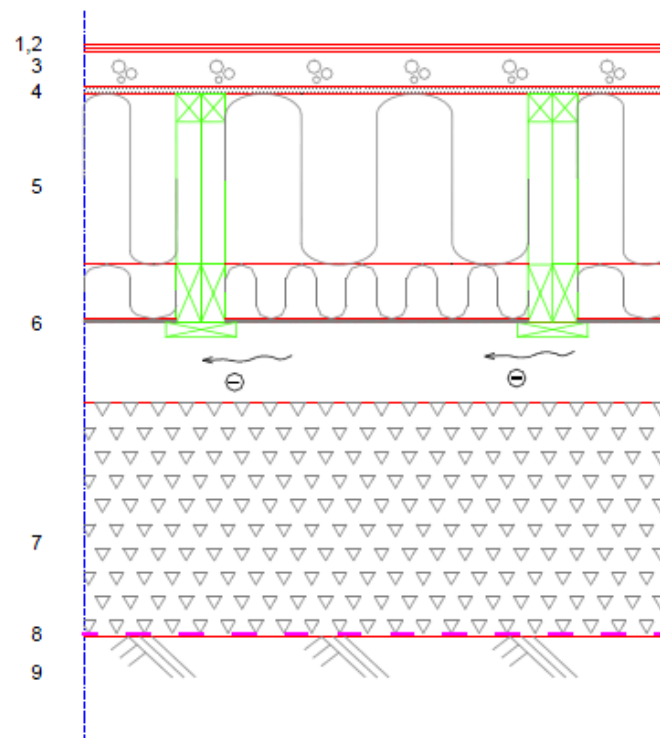
Rakennuskohde Opinnäyttentie 1 Oulu	Sisältö Tuulettuva puupalkisto alapohja		
Suunnittelija Matias Heinonen Oulu	Pvm 7.2.2013	Mittakaava 1:10	LIITE 1/8
	Muutos pvm -	Tunnus AP 8	



1	Lattialauta	25mm
2	Höyrynsulkumuovi	-
3	Lattiavasat 41x195 k600	195mm
	koolaus 41x95	95mm
	Lämmöneriste	290mm
	Sahattu lauta 25x100	
	Täytepohjalevy	5mm
4	Alahaltiaparru 120x145 k1500	145mm
5	Kapillaarikatko, sepeli	400mm
6	Suodatinkangas	-
7	Perusmaa	

U-arvo - W/m²K

Rakennuskohde Opinnäytteen tie 1 Oulu	Sisältö Tuulettuva puurakenteinen alapohja		
Suunnittelija Matias Heinonen Oulu	Pvm 20.2.2013	Mittakaava 1:10	LIITE 1/9
	Muutos pvm -	Tunnus AP 9	



1	Laminaatti	7mm
2	Lattiatasoite	~5mm
3	Pintabetonilaatta	60mm
4	Havuvaneri	12mm
5	NR-ristikot 2 x k600 Mineraalivilla	390mm
6	Sahattu lauta 25x120 Täytepohjalevy	5mm
7	Kapillaarikatko, sepeli	400mm
8	Suodatinkangas	-
9	Perusmaa	
U-arvo		0,17 W/m ² K

AP1, KESKIALUE					
		rakenteen paksuus	lambda arvo	lämmön- vastus	
		d	λ	R	
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	
R _{si}	Sisäpinta			0,170	
R ₁	Laminaatti 7mm	0,007	0,120	0,058	
R ₂	Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	1,700	0,003	
R ₃	Teräsbetoni-laatta 80mm	0,080	1,700	0,047	
R ₄	Suodatinkangas, käyttöluokka II (AP)	-			
R ₅	Lämmöneriste, EPS 100 Lattia	0,150	0,036	4,167	
R ₆	Tasaushiekka	0,050	1,400	0,036	
R ₇	Suodatinkangas, käyttöluokka II	-			
R ₈	Kapillaarikatko, sepeli	0,400	1,400	0,286	
R ₉	Perusmaa	?		2,000	
	R _T			6,766	
			U-arvo	0,148	[W/m ² K]
AP1, REUNA-ALUE					
		rakenteen paksuus	lambda arvo	lämmön- vastus	
		d	λ	R	
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	
R _{si}	Sisäpinta			0,170	
R ₁	Laminaatti 7mm	0,007	0,120	0,058	
R ₂	Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	1,700	0,003	
R ₃	Teräsbetoni-laatta 80mm	0,080	1,700	0,047	
R ₄	Suodatinkangas, käyttöluokka II (AP)	-			
R ₅	Lämmöneriste, EPS 100 Lattia	0,200	0,036	5,556	
R ₆	Tasaushiekka	0,050	1,400	0,036	
R ₇	Suodatinkangas, käyttöluokka II	-			
R ₈	Kapillaarikatko, sepeli	0,400	1,400	0,286	
R ₉	Perusmaa	?		0,500	
	R _T			6,655	
			U-arvo	0,150	[W/m ² K]

AP2, KESKIALUE					
		rakenteen paksuus	lambda arvo	lämmön- vastus	
		d	λ	R	
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	
R _{si}	Sisäpinta			0,170	
R ₁	Laminaatti 7mm	0,007	0,120	0,058	
R ₂	Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	1,700	0,003	
R ₃	Teräsbetonilaatta 80mm	0,080	1,700	0,047	
R ₄	Suodatinkangas, käyttöluokka II (AP)	-			
R ₅	Lämmöneriste, XPS, Finnfoam	0,100	0,026	3,846	
R ₆	Tasaushiekka	0,050	1,400	0,036	
R ₇	Suodatinkangas, käyttöluokka II	-			
R ₈	Kapillaarikatko, sepeli	0,400	1,400	0,286	
R _b	Perusmaa	?		2,000	
	R _T			6,446	
			U-arvo	0,155	[W/m ² K]
AP2, REUNA-ALUE					
		rakenteen paksuus	lambda arvo	lämmön- vastus	
		d	λ	R	
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	
R _{si}	Sisäpinta			0,170	
R ₁	Laminaatti 7mm	0,007	0,120	0,058	
R ₂	Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	1,700	0,003	
R ₃	Teräsbetonilaatta 80mm	0,080	1,700	0,047	
R ₄	Suodatinkangas, käyttöluokka II (AP)	-			
R ₅	Lämmöneriste, XPS, Finnfoam	0,150	0,026	5,769	
R ₆	Tasaushiekka	0,050	1,400	0,036	
R ₇	Suodatinkangas, käyttöluokka II	-			
R ₈	Kapillaarikatko, sepeli	0,400	1,400	0,286	
R _b	Perusmaa	?		0,500	
	R _T			6,869	
			U-arvo	0,146	[W/m ² K]

AP3, KESKIALUE		rakenteen paksuus	lambda arvo	lämmön- vastus	
		d	λ	R	
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	
R _{si}	Sisäpinta			0,170	
R ₁	Laminaatti 7mm	0,007	0,120	0,058	
R ₂	Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	1,700	0,003	
R ₃	Teräsbetoni-laatta 80mm	0,080	1,700	0,047	
R ₄	Suodatinkangas, käyttöluokka II (AP)	-			
R ₅	Lämmöneriste, PUR, SPU AL	0,080	0,023	3,478	
R ₆	Tasaushiekka	0,050	1,400	0,036	
R ₇	Suodatinkangas, käyttöluokka II	-			
R ₈	Kapillaarikatko, sepeli	0,400	1,400	0,286	
R _o	Perusmaa	?		2,000	
	R _T			6,078	
			U-arvo	0,16	[W/m ² K]
AP3, REUNA-ALUE		rakenteen paksuus	lambda arvo	lämmön- vastus	
		d	λ	R	
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	
R _{si}	Sisäpinta			0,170	
R ₁	Laminaatti 7mm	0,007	0,120	0,058	
R ₂	Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	1,700	0,003	
R ₃	Teräsbetoni-laatta 80mm	0,080	1,700	0,047	
R ₄	Suodatinkangas, käyttöluokka II (AP)	-			
R ₅	Lämmöneriste, PUR, SPU AL	0,130	0,023	5,652	
R ₆	Tasaushiekka	0,050	1,400	0,036	
R ₇	Suodatinkangas, käyttöluokka II	-			
R ₈	Kapillaarikatko, sepeli	0,400	1,400	0,286	
R _o	Perusmaa	?		0,500	
	R _T			6,752	
			U-arvo	0,148	[W/m ² K]

AP4					
		rakenteen paksuus	lambda arvo	lämmön- vastus	
		d	λ	R	
		[m]	[W/mK]	[m ² K/W]	
R _{si}	Sisäpinta			0,170	
R ₁	Laminaatti 7mm	0,007	0,120	0,058	
R ₂	Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	1,700	0,003	
R ₃	Pintabetonilaatta 40mm	0,040	1,700	0,024	
R ₄	Ontelolaatta 200mm	0,200		0,300	
R ₅	Lämmöneriste, PUR, SPU AL	0,120	0,023	5,217	
R _{se}	Ulkopinta			0,040	
R ₆	Kapillaarikatko, sepeli				
R ₇	Suodatinkangas, käyttöluokka II				
R _b	Perusmaa				
		R _T		5,812	
			U-arvo	0,172	[W/m ² K]

AP5					
		rakenteen paksuus	lambda arvo	lämmön- vastus	
		d	λ	R	
		[m]	[W/mK]	[m²K/W]	
R _{si}	Sisäpinta			0,170	
R ₁	Laminaatti 7mm	0,007	0,120	0,058	
R ₂	Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	1,700	0,003	
R ₃	Pintabetonilaatta 80mm	0,080	1,700	0,047	
R ₄	Lämmöneriste, EPS 100 Lattia	0,200	0,036	5,556	
R ₅	Ontelolaatta 200mm	0,200		0,300	
R _{se}	Ulkopinta			0,040	
R ₆	Kapillaarikatko, sepeli				
R ₇	Suodatinkangas, käyttöluokka II				
R _b	Perusmaa				
	R_T			6,174	
			U-arvo	0,162	[W/m ² K]
AP6					
		rakenteen paksuus	lambda arvo	lämmön- vastus	
		d	λ	R	
		[m]	[W/mK]	[m²K/W]	
R _{si}	Sisäpinta			0,170	
R ₁	Laminaatti 7mm	0,007	0,120	0,058	
R ₂	Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	1,700	0,003	
R ₃	Pintabetonilaatta 80mm	0,080	1,700	0,047	
R ₄	Lämmöneriste, PUR, SPU AL	0,240	0,023	10,435	
R ₅	Ontelolaatta 200mm	0,200		0,300	
R _{se}	Ulkopinta			0,040	
R ₆	Kapillaarikatko, sepeli				
R ₇	Suodatinkangas, käyttöluokka II				
R _b	Perusmaa				
	R_T			11,053	
			U-arvo	0,090	[W/m ² K]

AP2	rakenteen paksuus	materiaali- menekki	yksikkö	yksikkö- hintaa	materiaali- kustannus	työ- menekki	työtunti- hintaa	työ- kustannus	kustannus yhteensä
	d			€/yks	€	tth	€/tth	€	€
	[m]								
Sisäpinta									
Laminaatti 7mm	0,007	1,00	m ²	19,91	19,91	0,17	32,00	5,44	25,35
Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	8,16	kg	0,79	6,45	0,06	32,00	1,92	8,37
Teräsbetonilaatta 80mm, maanvarainen	0,080	0,09	m ³	124,65	13,79	0,21	32,00	6,72	20,51
Suodatinkangas, käyttöluokka II (AP)	-	1,10	m ²	0,65	0,72	0,01	32,00	0,32	1,04
Lämmöneriste, XPS, Finnfoam	0,100	1,05	m ²	12,00	12,60	0,07	32,00	2,24	14,84
Lämmöneriste, XPS, Finnfoam	0,050	0,35	m ²	6,00	2,10	0,01	32,00	0,32	2,42
Tasaushiekka, raekoko 0-8 mm	0,050	0,06	m ³	12,60	0,69				
Suodatinkangas, käyttöluokka II	-	1,10	m ²	0,65	0,72				
Kapillaarikatko, sepeli	0,400	0,44	m ²	25,78	11,34				
Kaivinkone, KKH 21 t	?	0,03	h	40,00	1,20				
R _T					13,95	0,06	32,00	1,92	15,87
					69,51	0,59		18,88	88,39
AP3									
	rakenteen paksuus	materiaali- menekki	yksikkö	yksikkö- hintaa	materiaali- kustannus	työ- menekki	työtunti- hintaa	työ- kustannus	kustannus yhteensä
	d			€/yks	€	tth	€/tth	€	€
	[m]								
Sisäpinta									
Laminaatti 7mm	0,007	1,00	m ²	19,91	19,91	0,17	32,00	5,44	25,35
Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	8,16	kg	0,79	6,45	0,06	32,00	1,92	8,37
Teräsbetonilaatta 80mm, maanvarainen	0,080	0,09	m ³	124,65	13,79	0,21	32,00	6,72	20,51
Suodatinkangas, käyttöluokka II (AP)	-	1,10	m ²	0,65	0,72	0,01	32,00	0,32	1,04
Lämmöneriste, PUR, SPU AL	0,080	1,05	m ²	12,00	12,60	0,07	32,00	2,24	14,84
Lämmöneriste, PUR, SPU AL	0,050	0,35	m ²	8,75	3,06	0,01	32,00	0,32	3,38
Tasaushiekka, raekoko 0-8 mm	0,050	0,06	m ³	12,60	0,69				
Suodatinkangas, käyttöluokka II	-	1,10	m ²	0,65	0,72				
Kapillaarikatko, sepeli	0,400	0,44	m ²	25,78	11,34				
Kaivinkone, KKH 21 t	?	0,03	h	40,00	1,20				
R _T					13,95	0,06	32,00	1,92	15,87
					70,47	0,59		18,88	89,35
AP4									
	rakenteen paksuus	materiaali- menekki	yksikkö	yksikkö- hintaa	materiaali- kustannus	työ- menekki	työtunti- hintaa	työ- kustannus	kustannus yhteensä
	d			€/yks	€	tth	€/tth	€	€
	[m]								
Sisäpinta									
Laminaatti 7mm	0,007	1,00	m ²	19,91	19,91	0,17	32,00	5,44	25,35
Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	8,16	kg	0,79	6,45	0,06	32,00	1,92	8,37
Pintabetonilaatta 40mm	0,040	0,04	m ³	124,65	5,48	0,26	32,00	8,32	13,80
Ontelolaatta 200mm	0,200	1,00	m ²	41,35	41,35	0,09	32,00	2,88	44,23
Lämmöneriste, PUR, SPU AL	0,120	1,05	m ²	18,00	18,90	0,16	32,00	5,12	24,02
Pintamaan poisto						0,02	120,00	2,40	2,40
Kapillaarikatko, sepeli	0,400	0,44	m ²	25,78	11,34				
Suodatinkangas, käyttöluokka II	-	1,10	m ²	0,65	0,72				
Kaivinkone, KKH 21 t	?	0,02	h	40,00	0,80				
R _T					12,86	0,05	32,00	1,60	14,46
					104,95	0,81		27,68	132,63

AP5	rakenteen paksuus	materiaali- menekki	yksikkö	yksikkö- hinta	materiaali- kustannus	työ- menekki	työtunti- hinta	työ- kustannus	kustannus yhteensä
	d			€/yks	€	tth	€/tth	€	€
	[m]								
Sisäpinta									
Laminaatti 7mm	0,007	1,00	m ²	19,91	19,91	0,17	32,00	5,44	25,35
Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	8,16	kg	0,79	6,45	0,06	32,00	1,92	8,37
Pintabetonilaatta 80mm	0,080	0,09	m ³	124,65	13,32	0,28	32,00	8,96	22,28
Suodatinkangas, käyttöluokka II (AP)	-	1,10	m ²	0,65	0,72	0,01	32,00	0,32	1,04
Lämmöneriste, EPS 100 Lattia	0,200	1,00	m ²	16,26	16,26	0,14	32,00	4,48	20,74
Ontelolaatta 200mm	0,200	1,00	m ²	41,35	41,35	0,09	32,00	2,88	44,23
Pintamaan poisto						0,02	120,00	2,40	2,40
Kapillaarikatko, sepeli	0,400	0,44	m ²	25,78	11,34				
Suodatinkangas, käyttöluokka II	-	1,10	m ²	0,65	0,72				
Kaivinkone, KKH 21 t	?	0,02	h	40,00	0,80				
R _T					12,86	0,05	32,00	1,60	14,46
					110,14	0,82		28,00	138,86

AP6	rakenteen paksuus	materiaali- menekki	yksikkö	yksikkö- hinta	materiaali- kustannus	työ- menekki	työtunti- hinta	työ- kustannus	kustannus yhteensä
	d			€/yks	€	tth	€/tth	€	€
	[m]								
Sisäpinta									
Laminaatti 7mm	0,007	1,00	m ²	19,91	19,91	0,17	32,00	5,44	25,35
Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	8,16	kg	0,79	6,45	0,06	32,00	1,92	8,37
Pintabetonilaatta 80mm	0,080	0,09	m ³	124,65	13,32	0,28	32,00	8,96	22,28
Suodatinkangas, käyttöluokka II (AP)	-	1,10	m ²	0,65	0,72	0,01	32,00	0,32	1,04
Lämmöneriste, PUR, SPU AL	0,240	1,00	m ²	36,00	36,00	0,14	32,00	4,48	40,48
Ontelolaatta 200mm	0,200	1,00	m ²	41,35	41,35	0,09	32,00	2,88	44,23
Pintamaan poisto						0,02	120,00	2,40	2,40
Kapillaarikatko, sepeli	0,400	0,44	m ²	25,78	11,34				
Suodatinkangas, käyttöluokka II	-	1,10	m ²	0,65	0,72				
Kaivinkone, KKH 21 t	?	0,02	h	40,00	0,80				
R _T					12,86	0,05	32,00	1,60	14,46
					129,88	0,82		28,00	158,60

AP7									
	rakenteen paksuus	materiaali- menekki	yksikkö	yksikkö- hinta	materiaali- kustannus	työ- menekki	työtunti- hinta	työ- kustannus	kustannus yhteensä
	d			€/yks	€	tth	€/tth	€	€
	[m]								
Sisäpinta									
Laminaatti 7mm	0,007	1,00	m ²	19,91	19,91	0,17	32,00	5,44	25,35
Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	8,16	kg	0,79	6,45	0,06	32,00	1,92	8,37
Pintabetonilaatta 60 mm, raudoitus	0,060	0,07	m ³	124,65	10,58	0,28	32,00	8,96	19,54
Lattialaevytys, vanerilevy 18 mm, havu, pon	0,018	1,08	m ²	13,67	14,99	0,19	32,00	6,08	21,07
Puupalkisto 48x(148+148) mm	0,296	1,79	jm	5,52	10,04				
puukuitulevy	0,025	1,08	m ²	6,42	6,93				
sahattu lauta 25x100, kuusi B	0,025	1,79	jm	0,72	1,29				
					18,26	0,31	32	9,92	28,18
Mineraalivilla (150 + 125) mm	0,275	1,04	m ²	23,70	24,65	0,18	32	5,76	30,41
Pintamaan poisto						0,02	120,00	2,40	2,40
Kapillaarikatko, sepeli	0,400	0,44	m ²	25,78	11,34				
Suodatinkangas, käyttöluokka II	-	1,10	m ²	0,65	0,72				
Kaivinkone, KKH 21 t	?	0,02	h	40,00	0,80				
R _T					12,86	0,05	32,00	1,60	14,46
					107,70	1,26		42,08	149,78

AP8									
	rakenteen paksuus	materiaali- menekki	yksikkö	yksikkö- hinta	materiaali- kustannus	työ- menekki	työtunti- hinta	työ- kustannus	kustannus yhteensä
	d			€/yks	€	tth	€/tth	€	€
	[m]								
Sisäpinta									
Laminaatti 7mm	0,007	1,00	m ²	19,91	19,91	0,17	32,00	5,44	25,35
Lattiatasoite 5mm, pumpattava tasoite	0,005	8,16	kg	0,79	6,45	0,06	32,00	1,92	8,37
Pintabetonilaatta 60 mm, raudoitus	0,060	0,07	m ³	124,65	10,58	0,28	32,00	8,96	19,54
Lattialaevytys, vanerilevy 18 mm, havu, pon	0,018	1,08	m ²	13,67	14,99	0,19	32,00	6,08	21,07
Puupalkisto 41 x 195 mm k600	0,296	1,79	jm	3,66	6,71				
lisäkoolaus 41 x 95 mm k600		1,79	jm	1,00	1,95				
puukuitulevy	0,025	1,08	m ²	6,42	6,93				
sahattu lauta 25x100, kuusi B	0,025	1,79	jm	0,72	1,29				
					16,88	0,31	32	9,92	26,80
alajahaltijaparru 120x145 mm k1200		0,90	jm	6,00	5,40	0,15	32	4,80	10,20
Mineraalivilla (150 + 125) mm	0,275	1,04	m ²	23,70	24,65	0,18	32	5,76	30,41
Pintamaan poisto						0,02	120,00	2,40	2,40
Kapillaarikatko, sepeli	0,400	0,44	m ²	25,78	11,34				
Suodatinkangas, käyttöluokka II	-	1,10	m ²	0,65	0,72				
Kaivinkone, KKH 21 t	?	0,02	h	40,00	0,80				
R _T					12,86	0,05	32,00	1,60	14,46
					106,32	1,41		46,88	158,60

Alapohja, maanvarainen teräsbetonilaatta 80 mm:

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 1 keski	EPS 100 Lattia	150	0,15	0,66	69,05	21,12	90,17
AP 1 reuna	EPS 100 Lattia	200	0,15				
AP 2 keski	XPS, Finnfoam	100	0,16	0,59	69,51	18,88	88,39
AP 2 reuna	XPS, Finnfoam	150	0,15				
AP 3 keski	PUR, SPU AL	80	0,16	0,59	70,47	18,88	89,35
AP 3 reuna	PUR, SPU AL	130	0,15				

Alapohja, ontelolaatta 200 mm:

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 4	PUR, SPU AL	120	0,17	0,81	104,95	27,68	132,63
AP 5	EPS 100 Lattia	200	0,16	0,82	110,14	28,00	138,86
AP 6	PUR, SPU AL	240	0,09	0,82	129,88	28,00	158,60

Alapohja, tuulettuva, puupalkit/ristikot

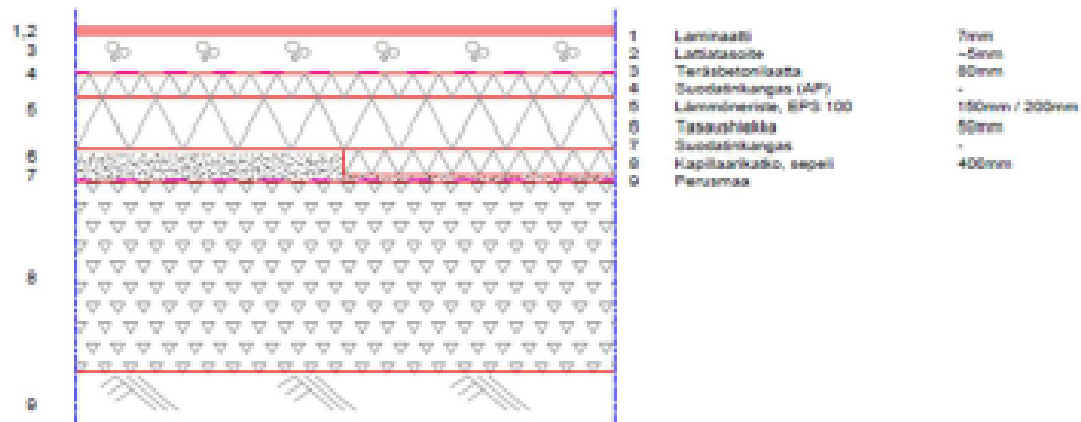
tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 7	mineraalivilla	275	0,14	1,26	107,70	42,08	149,78
Puupalkisto 48x(148+148) k600							
AP 8	mineraalivilla	290	0,13	1,41	106,32	46,88	158,60
Puupalkisto 41x195 mm k600 + 41x95							
AP 9	mineraalivilla	390	0,10	1,08	134,11	36,32	170,43
2 x NR-ristikko k600							

Perustus

tunnus	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
US 1, kevyssoraharkkoperustus, 290 x 590 x 190 mm	1,09	36,81	34,88	71,69
US 2, ontelolaattaperustus, 1186 x 300 mm	0,14	89,25	4,48	93,73
US 3, sokkelielementti, LunaPRESS, 900 x 250 mm	0,14	95,00	4,48	99,48
US 4, sokkelielementti, perus, 1200 x 300 mm	0,14	105,00	4,48	109,48
US 5, sokkelielementti, polystyreeni, 445 x 800 mm	0,14	66,73	4,48	71,21

Alapohja, maanvarainen teräsbetonilaatta 80 mm:

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 1 keski	EPS 100 Lattia	150	0,15	0,66	69,05	21,12	90,17
AP 1 reuna	EPS 100 Lattia	200	0,15				



- + nostokalustoa ei tarvita
- + eristäminen helppoa ja nopeaa
- + lattialämmitys sopii hyvin
- + hinta
- + nopea rakentaa
- kuivuu vain ylöspäin -> ~15 viikkoa (RH 60 %, T=18 °C, normi betoni)
- kuivurit ja lämmittimet pitkäksi aikaa, useita kosteusmittauksia
- työt keskeytyy, joudutaan odottamaan betonin kuivumista
- lattialämmityksen ym muun tekniikan asentamisen sovitus ennen lattiavalua
- betonin kuljetus ja saatavuus, betonilauton polno (vapaa-aika)

AP 2 keski	XPS, Finnfoam	100	0,16	0,59	69,51	18,88	88,39
AP 2 reuna	XPS, Finnfoam	150	0,15				

- + pienemmät eristemäärät -> nopeampi asentaa
- + -> vaatii vähemmän tilaa kuljetuksissa ja työmaalla

AP 3 keski	PUR, SPU AL	80	0,16	0,59	70,47	18,88	89,35
AP 3 reuna	PUR, SPU AL	130	0,15				

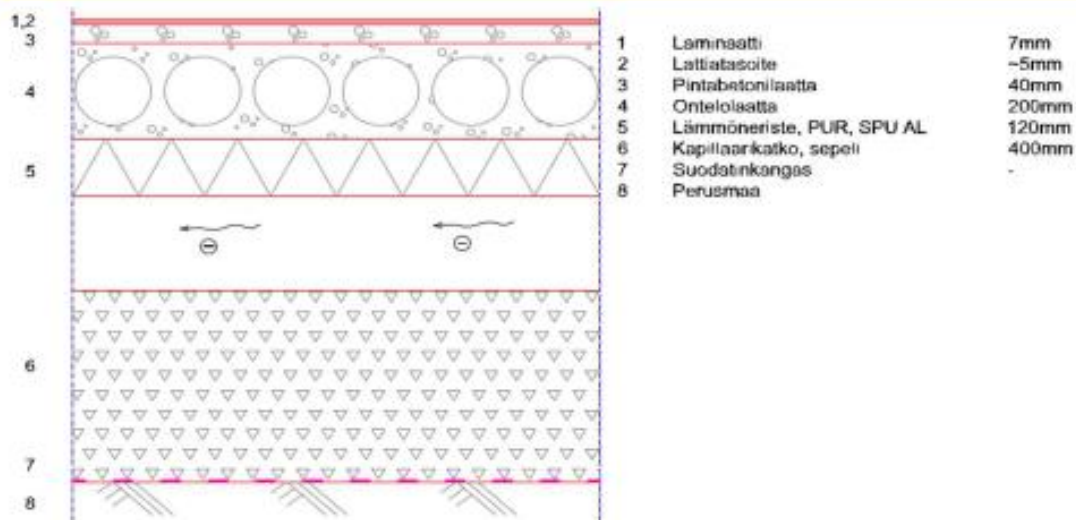
- + pienemmät eristemäärät -> nopeampi asentaa
- + -> vaatii vähemmän tilaa kuljetuksissa ja työmaalla
- eristeen hinta

huom! betonin RH oltava 1-3 cm pinnasta 75 % ennen pinnoitteita

- parketti ilman kost. eristystä 60-70 %, kosteuseristettynä 80 %
- kumipäällysteet 80-85 %
- muovipäällysteet 85-90 %

Alapohja, tuulettuva ontelolaatta 200 mm (eriste alla):

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 4	PUR, SPU AL	120	0,17	0,81	104,95	27,68	132,63



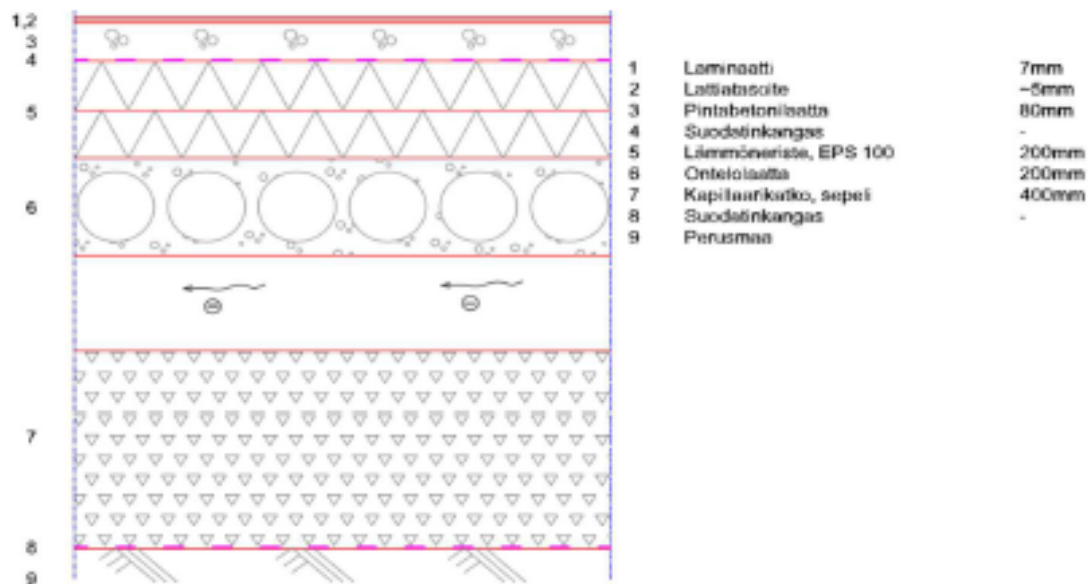
- + rakenne kasvaa alaspäin -> ei ylimääräisiä hirsii
- + talotekniikka ontelojen alle (-eristys hidastaa)
- + tasainen alusta telineille ja työlle
- + pitkät jännevälit -> vähemmän kantavia linjoja
- + ohut pintalaatta -> kuivuu nopeasti < 9 vk (RH 60 %, T=18 °C, normi betoni)
- + pintalaattaan ei tarvi raudoitusta -> lattialämmitys sopii hyvin
- eristeen asennus alle (ellei valmiina laatoissa, silti saumojen vaahdotus)
- laattojen kastuminen -> lisää huomattavasti kuivumisaikaa (suojaus ??)
- ontelorekan, nostokaluston ja betoniauton pääsy tontille (vapaa-aika)

huom!

- betonin RH oltava 1-3 cm pinnasta 75 % ennen pinnoitteita
- parketti ilman kost. eristystä 60-70 %, kosteuseristettynä 80 %
- kumipäällysteet 80-85 %
- muovipäällysteet 85-90 %
- onteloraudoitteet hyväksyy valvoja ?
- ontelolaattojen nostoon vähintään 3 miestä, 1 auton lavalla, 2 asennukseen
- miehellään 4. mies piirustusten lukemiseen ja nosturin ohjaukseen
- 5mm tasoite -> 1 vk kuivumisaika

Alapohja, tuulettuva ontelolaatta 200 mm (eriste päällä):

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 5	EPS 100 Lattia	200	0,16	0,82	110,14	28,00	138,86



- + talotekniikka ontelojen alle (eristys) tai osa eristeen ja pintalaatan sekaan
- + tasainen alusta telineille ja työlle
- + pitkät jännevälit -> vähemmän kantavia linjoja
- + eristeet helppo asentaa päälle
- ontelolaatta + 80 mm kelluva pintalaatta, kuivuminen yli 13 vk (RH 60 %, T=18 °C)
- kuivurit ja lämmittimet pitkäksi aikaa, uselta kosteusmittauksia
- 5mm tasoite -> 1 vk lisää kuivumista, 20mm -> 4 vk
- laattojen kastuminen -> lisää huomattavasti kuivumisaikaa (suojaus ??)
- paksu rakenne, joka kasvaa ylöspäin -> hirsä lisää
- ontelorekan, nostokaluston ja betonin auton pääsy tontille (vapaa-aika)

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 6	PUR, SPU AL	240	0,09	0,82	129,88	28,00	158,60

- + hyvä U-arvo
- paksu rakenne -> hirsä lisää
- eristeen hinta

huom!

betonin RH oltava 1-3 cm pinnasta 75 % ennen pinnoitteita

- parketti ilman kost. eristystä 60-70 %, kosteuseristettynä 80 %
- kumipäälysteet 80-85 %
- muovipäälysteet 85-90 %

onteloraudoitteet hyväksyy valvoja ?

ontelolaattojen nostoon vähintään 3 miestä, 1 auton lavalla, 2 asennukseen

- miehellenä 4. mies piirustusten lukemiseen ja nosturin ohjaukseen

5mm tasoite -> 1 vk kuivumisaika

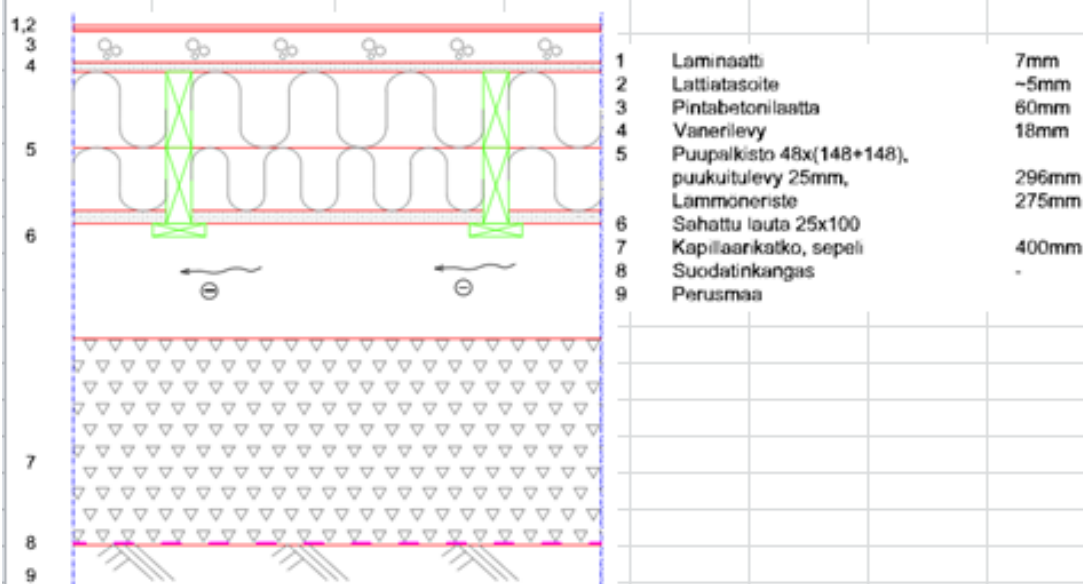
pintalaatta vaatii raudituksen

tuuletusaukkoja enintään 8 promillea

Alapohja, tuulettuva puupalkisto

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 7	mineraalivilla	275	0,14	1,26	107,70	42,08	149,78

Puupalkisto 48x(148+148) k600



- + talotekniikka palkiston väliin (-joudutaan poraamaan palkkeja)
- + eristeet helppo asentaa palkkien väliin
- + nostokalustoa ei tarvita
- + tuttu Hongan käyttämä rakenne
- lyhyet jännevälit -> vaatii kantavia linjoja
- jos pintalaattaan rauditus + lattialämmitys -> ahdasta tulee 60 mm laataalla
- hidas valmistaa -> pidempi työaika
- hinta, (työkustannus kova)
- pintalaatan kuivuminen ~ 10 vk (RH 60 %, T=18 °C)
- 5mm tasoite -> 1 vk lisää kuivumista
- kuivurit ja lämmittimet pitkäksi aikaa, useita kosteusmittauksia

tunnus	eriste	eriste / [mm]	U-arvo	tth	mat [€]	työt [€]	yht [€]
AP 8	mineraalivilla	290	0,13	1,41	106,32	46,88	158,60

Puupalkisto 41x195 + 41x95 k600 + alahaltijaparrut

- + alahaltijoiden avulla päästään pitempiin jänneväleihin

huom! suoraan Hongan käyttämä rakenne -> hinta tiedossa ?
betonin RH oltava 1-3 cm pinnasta 75 % ennen pinnoitteita
-parketti ilman kost. eristystä 60-70 %, kosteuseristettynä 80 %
-kumipäällysteet 80-85 %
-muovipäällysteet 85-90 %
voidaanko toteuttaa ohuemmalla pintalaataalla ilman rauditusta ??
-> kuivumisaikaa lyhemmäksi
toteutus kolmikerros kipsilevyrakenteella ?? -> kuivumiset pois

